

Sosiaali- ja terveysministeriön selvitys 2002:10

Kari Pesonen

Musiikkimelun vaarallisuus

**yleisön kuulolle pop- ja
rock-konserteissa,
diskoissa ja ravintoloissa**



SOSIAALI- JA TERVEYSMINISTERIÖ

Helsinki 2002



ISSN	1236-2115
ISBN	952-00-1197-8
TAITTO:	At-Julkaisutoimisto Oy
PAINO:	Edita Prima Oy, Helsinki 2002

Kari Pesonen. Musiikkimelun vaarallisuus yleisön kuulolle pop- ja rock-konserteissa, diskoissa ja ravintoloissa. Helsinki, 2002. 84 s. (Sosiaali- ja terveysministeriön selvityksiä, ISSN 1236-2115; 2002:10)
ISBN 952-00-1197-8

Viimeisten 30 vuoden aikana on julkaistu useita tutkimuksia, joissa nuorilla ja nuorilla aikuisilla on todettu hälyttävän paljon kuulovammoja. Vammojen määrä ylittää suuresti sen, mitä tavanomaisille elinympäristön meluille altistuneilla nuorilla pitäisi nykykäsitysten mukaan olla. Useissa julkaisuissa ja puheenvuoroissa on oletettu, että voimakkaalle musiikkimelulle altistuminen olisi yksi tärkeimmistä nuorten ja nuorten aikuisten kuulovammojen aiheuttajista.

Julkaisuuteen saatetut arviot musiikkimelun vaarallisuudesta perustuvat pääsääntöisesti niihin arviointimenetelmiin ja riskikriteereihin, joita on kehitetty ja julkaistu työtyöperäiselle melulle ja meluallistukselle. Musiikkimelun kuulovaurioriskeistä varoittaessaan tiukimmat tulkinnot lähtevät ns. nollaprocentin riskistä eli siitä, että musiikkimelu ei saisi aiheuttaa minkäänlaista mitattavissa olevaa pysyvää kuulon alenemaa, altistuttiinpa melulle kuinka paljon tahansa. Työperäisen melun kuulovaurioriskin arviointi perustuu pääsääntöisesti kuulon aleneman tuottamaan haittaan tai haittaasteeseen. Yleensä riskiraja on asetettu siten, että meluallistus ei tuota tietylle osalle altistettuja, esimerkiksi yli 95 %:lle, suurempaa kuin 20 dB keskimääräisen pysyvän kuulon aleneman 0,5, 1, 2 ja 3 kHz taajuuksilla tietyssä ajassa, esimerkiksi altistuttaessa melulle kahdeksan tuntia päivässä, viisi päivää viikossa 40 vuoden ajan.

Tutkittaessa muusikoiden ja musiikin kuuntelijoiden (yleisön) kuuloa musiikkimelun on todettu aiheuttaneen huomattavasti vähemmän pysyviä kuulon alenemia, kuin mitä työperäiselle melulle julkaistut riskiarviot ennustavat. Yleisön musiikkimelulle altistuminen poikkeaa suuresti työperäiselle melulle altistumisesta. Aktiivinen pop-konserteissa ja diskoissa käynti rajoittuu 5...10 nuoruusvuoteen. Tyypillinen yhden altistumisen kesto on korkeintaan muutamia tunteja, ja suurimmalla osalla yleisöä altistumiskertoja on vuosittain korkeintaan yksi tai muutama kuukaudessa. Rock- ja diskomusiikille on tyypillistä myös se, että altistavan melun äänienergia on painottunut matalille, alle 200 Hz, taajuuksille.

Selvityksen perusteella voidaan todeta, ettei pop-konserttien ja diskojen melu yksinään kehitä nuorisolla havaittua kuulonalenemaa. Kuulonalenema voi johtua myös muusta syystä kuin melusta ja ihmisten yksilölliset erot saattavat olla huomattavia. Satunnai-

sesta konserteissa ja diskossa käynnistä ei nykyäsityksen mukaan ole haittaa sikiön kuulon kehitykselle, joskin raskaana olevien naisten on syytä välttää työskentelyä konserteissa ja diskoissa, joissa työmeluallistus päivittäin ylittää jatkuvasti 85... 90 dB(A) ekvivalenttitason ($L_{Aeq, 8h}$ -taso).

Selvityksen lopputuloksena on, että vuoden 1997 sisäilmaohjeissa¹ esitetty ohjearvo, $L_{Aeq, 168h} \leq 80$ dB(A), näyttää olevan suuruusluokaltaan oikea, mutta se on määriteltävä nykyistä selkeämmin.

Asiasanat: altistuminen, kuulo, kuulonhuolto, melu, sisäilma, terveyden suojelu, vammat

Kari Pesonen. Vilka risker musikbuller kan utgöra för publikens hörsel på rock- och popkonserter, på diskotek och restauranger. Helsingfors, 2002. 84 s. (Social- och hälsovårdsministeriets rapporter, ISSN 1236-2115; 2002:10) 5
ISBN 952-00-1197-8

Under de senaste 30 åren har ett flertal undersökningar publicerats som visar att ungdomar och unga vuxna lider av hörselskador i alarmerande omfattning. Skadornas antal överstiger i hög grad den nivå som ungdomar vilka utsätts för buller i en vanlig livsmiljö borde ligga på enligt nuvarande uppfattning. I flera publikationer och anföranden har man antagit att en av de viktigaste orsakerna till hörselskadorna är det starka musikbuller som ungdomar och unga vuxna utsätts för.

Offentligt presenterade uppfattningar om musikbullrets skadlighet bygger i huvudsak på de bedömningsmetoder och riskkriterier som har utvecklats och publicerats för arbetsbetingat buller och bullerexponering. De strängaste tolkningarna, när man varnar för musikbullrets hörselskaderisker, utgår från en s.k. nollrisk, dvs. att musikbullret inte får ge några som helst mätbara permanenta hörselnedsättningar oberoende av hur mycket buller en person utsätts för. Bedömningen av den arbetsbetingade hörselskaderisken bygger i huvudsak på det handikapp eller den invaliditetsgrad som hörselnedsättningen medför. Vanligen är riskgränsen satt så att bullerexponeringen inte medför större genomsnittlig permanent hörselnedsättning för ett viss andel exponerade personer, exempelvis över 95 %, än 20 dB vid frekvenserna 0,5, 1, 2 och 3 kHz när personerna exponeras för bullret under en viss tid, t.ex. åtta timmar per dag under fem dagar i veckan i 40 år.

Vid undersökningar av hörseln hos musiker och åhörare (publiken) har man konstaterat att musikbullret orsakar betydligt färre permanenta hörselnedsättningar än vad de riskuppskattningar som publicerats för arbetsbetingat buller förutspår. Det musikbuller som publiken utsätts för avviker i hög grad från exponeringen vid arbetsbetingat buller. Den tid då man aktivt går på popkonserter och diskon inskränker sig till 5-10 ungdomsår. En typisk exponering för musikbuller är några timmar per gång och för största delen av publiken är antalet exponeringstillfällen högst en eller ett par gånger per månad. Typiskt för rock- och diskomusik är också att den ljudenergi som man utsätts för främst ligger inom låga frekvenser, under 200 Hz.

Enligt utredningen kan man konstatera att enbart buller på pop-konserter och diskon inte i sig utvecklar de många hörselnedsättningar hos ungdomar. Hörselnedsättningen kan orsakas av annat än buller och de individuella skillnaderna hos människor kan vara avsevärda. Enstaka besök på konserter och diskon är inte enligt nuvarande uppfattning skadliga för utvecklingen av ett fosters hörsel, men gravida kvinnor borde undvika att arbeta på konserter och diskon där den dagliga arbetsbullerexponeringen kontinuerligt överstiger 85... 90 dB(A) ekvivalentnivå ($L_{Aeq, 8h}$ -nivån).

Utredningens slutsats är att det riktvärde som anges i inomhusklimatanvisningen (sisäilmaohje) av år 1997, $L_{Aeq, 168h} \leq 80$ dB(A), verkar vara av rätt storleksordning, men den kunde fastställas tydligare än i dag.

Nyckelord: buller, exponering, hörsel, hörselvård, hälsoskydd, inomhusluft, skador

Kari Pesonen. Dangerousness of musical noise to the hearing of people at pop and rock concerts, discos and restaurants. Helsinki, 2002. 84p. (Reports of the Ministry of Social Affairs and Health, ISSN 1236-2115; 2002:10)
ISBN 952-00-1197-8

Several studies published in the past 30 years indicate that young adults suffer from alarmingly many hearing defects. The number of hearing defects greatly exceeds that which the young people who have been exposed to normal living-environment noise are currently expected to have. The hypothesis of several publications was that exposure to high musical noise is the main reason for the hearing defects of youngsters and young adults.

The assessments that have been published of the dangerousness of musical noise are primarily based on the methods of assessment and the risk criteria that have been developed and published for occupational noise and occupational noise exposure.

When warning about the risk of developing musical noise-induced hearing loss, the starting point of the tightest interpretations is the so-called zero risk, i.e. the fact that musical noise should not cause any kind of measurable and permanent hearing loss, no matter how much one is exposed to it. As a rule, the assessment of the risk of developing occupational noise-induced hearing loss is based on the hearing handicap or degree of handicap caused by hearing loss. The risk threshold has usually been set so that exposure to noise does not result in a higher than an average permanent hearing loss of 20 dB for a certain percentage, say 95% of those exposed to noise, at frequencies of 0.5, 1, 2 and 3 kHz in a certain period of time, for example, when one is exposed to noise eight hours a day five days a week for a period of 40 years.

When examining the hearing of musicians and their audience, musical noise exposure has been shown to cause considerably fewer incidents of permanent hearing loss than forecast by the risk assessments published about occupational noise.

The audience's musical noise exposure differs a great deal from occupational noise exposure. Going actively to pop concerts and discos is limited to 5-10 early years. Typically, the duration of one noise exposure does not exceed a few hours, and the majority of the audience has no more than one or a few exposures a month every year. Rock and disco music are also characterised by the fact that the sound energy of the music exposing the audience to noise is weighted on low frequencies, i.e. below 200 Hz.

According to the study, the noise of pop concerts and discos does not alone produce the hearing-loss incidents that have been observed among young people. There may be also other reasons for hearing loss than noise, and differences between individuals may be notable. According to the present views, occasional concerts or disco evenings are not considered harmful for the development of the hearing of the fetus, even though pregnant women are advised to avoid working at concerts and discos, in which the daily exposure to occupational noise exceeds LAeq,8h of 85... 90 dB(A).

The conclusion of the study is that the magnitude of the standard value LAeq,168h \leq 80 dB(A) included in the 1997 indoor air guideline seems to be correct, but it should be defined more clearly than at present.

Key words: defects, exposure, health protection, hearing, indoor air, noise

Sosiaali- ja terveysministeriö antoi vuonna 1997 ilmestyneessä Sisäilmaohjeessa (Sosiaali- ja terveysministeriön oppaita 1997:1) ohjearvon viihde-, huvi-, urheilu- yms. tilaisuuksissa yleisöä altistavalle melulle. Kriteerinä on kuulovaurioiden välttäminen.

Tieto edellä mainitusta ohjearvosta ei kuitenkaan ole levinnyt riittävän laajasti viihde- ja vapaa-ajan tilaisuuksien järjestäjien ja yleisön keskuuteen. Viime vuosina julkisuudessa esitetyissä puheenvuoroissa – jopa eduskunnan hallitukselle tekemissä kysymyksissä – on esitetty, että konserttien, elokuvien ja ravintoloiden musiikkimelulle sekä äänille ei olisi ohjearvoja eikä säädöksiin perustavaa valvontaa, tai että ohjearvot olisivat liian löysiä ja valvonta riittämätöntä.

Aloittaessaan Sisäilmaohjeen uudistamisen ministeriö päätti selvittää, onko syytä muuttaa tai selventää Sisäilmaohjeessa musiikki- ja muille yleisötilaisuuksille yleisön kuulovaurioiden välttämiseksi annettua melun ohjearvoa. Tätä varten ministeriö laaditti asiiantuntijatyönä kirjallisuuteen ja tarkistusluonteisiin mittauksiin perustuvan selvityksen musiikkimelun yleisölle, lähinnä nuorisolle, aiheuttamista kuulovaurioista ja kuulovaurioriskeistä sekä eri maissa julkaistuista ohjearvoista.

Sosiaali- ja terveysministeriön terveysosasto on valmistellut ohjearvoa yhteistyössä ministeriön työsuojeluosaston kanssa. Terveysosasto kiittää työsuojeluosaston yli-insinööri Ilkka Kyttälää, joka on aktiivisesti järjestänyt asiiantuntijoiden, ohjelmatoimistojen, teknisen henkilöstön sekä kuulovammaisten etujärjestön edustajien (Kuulonhuoltoliitto ry) välisiä keskusteluja ja tietojen vaihtoa. Myös Kuulonhuoltoliitto ry:tä edustaneen Kauko Saaren panos taustatietojen keräämisessä on syytä kiitoksin mainita.

Selvityksen perusteella ministeriö harkitsee ohjearvon määrittelyn selkiyttämistä. Entisen viikkoaltistuksen (yhden tai useiden tilaisuuksien kokonaisaltistus) sijasta uusi ohjearvo annettaisiin yhtä tilaisuutta kohden neljän tunnin L_{Aeq} -tasona ($L_{Aeq,4h}$) ja lisäksi annettaisiin ohjearvo enimmäistasolle L_{AFmax} .

Sosiaali- ja terveysministeriö toivoo, että tämä julkaisu lisää niin terveysvalvonnan, tilaisuuksien järjestäjien kuin yleisönkin asianmukaista tietoa musiikkimelusta, sen vaaroista ja vaarojen arvioinnista.

Helsingissä elokuussa 2002

Kimmo Leppo
ylijohtaja, osastopäällikkö

SISÄLLYSLUETTELO

10	TIIVISTELMÄ.....	3
	SAMMANDRAG	5
	ABSTRACT	7
	ESIPUHE	9
	JOHDANTO	12
	YLEISÖÄ ALTISTAVAN MUSIIKKIMELUN VOIMAKKUUS	15
	Ulkomaisia mittaustuloksia	16
	Suomessa tehtyjä mittauksia	19
	Yleisön ajallinen altistuminen musiikkimelulle	29
	MUSIIKKIMELULLE ALTISTUMISEN VAIKUTUS KUULOON	32
	Melualtistuksen aiheuttama tilapäinen kuulon alenema, TTS	33
	Tilapäinen kuulon alenema (TTS) henkilöillä, joilla on jo pysyvä kuulon alenema (PTS)	38
	Kuulon aleneman pienentyminen meluun tottumisen seurauksena	39
	KUULOVAURIORISKI JA SEN ARVIOINTI	41
	Kuulovaurion haitallisuus	45
	Muusikkojen ja teknisen henkilökunnan kuulovaurioriski	46
	Yleisön kuulovaurioriski musiikkitilaisuuksissa	49
	Musiikkimelun vaikutus sikiöiden ja lasten kuuloon sekä sikiöiden kehitykseen ja raskauteen	54

MUITA MUSIIKKIMELUN HAITALLISIA VAIKUTUKSIA	60
MIKSI YLEISÖ SUOSII SUURIA ÄÄNITASOJA KONSERTEISSA?	60
MUSIIKKIMELUN OHJE- JA RAJA-ARVOJA ERI MAISSA	62
Alankomaat	62
Australia	63
Belgia	63
Italia	64
Itävalta	64
Ranska	65
Suomi	66
Sveitsi	67
USA	67
Uusi Seelanti	69
Yhdistynyt kuningaskunta, UK	69
WHO	71
Muita maita ja hallintokuntia	71
Elokuvateattereiden äänitasosuositukset	72
KIRJALLISUUSVIITTEET	73

Tilaisuudet, joissa yleisölle esitetään elektronisesti vahvistettua musiikkia voimakkaalla äänellä, alkoivat yleistyä 1960-luvulla.³² Samalla vuosikymmenellä julkaistiin ensimmäiset musiikkimelun liiallista voimakkuutta ja kuulovaurioriskejä koskevat tutkimukset.^{2, 3, 4} Suurten ulkoilma- ja hallikonserttien äänentoistolaitteiden vahvistinteho on kasvanut 1960-luvun 50 W...20 kW:sta nykypäivien 50...450 kW:iin.^{5, 6, 7, *} Äänitehon 100-kertaistuminen merkitsi teoreettisesti altistavan äänitason kasvua 20 dB:llä ja 1000-kertaistuminen 30 dB:llä. Konserteissa tehtyjen melumittauksien mukaan yleisöä altistava A-äänitaso ei ole kuitenkaan kasvanut näin paljon. Tyypillinen kasvu on ollut 10...15 dB(A). Vahvistintehon kasvua pienempi äänitasojen kasvu selittyy muun muassa sillä, että suuri osa vahvistintehon kasvusta on käytetty matala- eli pienitaajuuksien äänen voimistamiseen.

Viimeisten 30 vuoden aikana on julkaistu useita tutkimuksia, joissa nuorilla ja nuorilla aikuisilla on todettu hälyttävän paljon kuulovammoja.^{8, 9, 10} Vammojen määrä ylittää suuresti sen, mitä tavanomaisille elinympäristön meluille altistuneilla nuorilla pitäisi nykykäsitysten mukaan olla. Seuraavat viittaukset tutkimuksiin antanevat kuvan tilanteesta:

Ruotsissa tutkittiin 1980-luvun alussa 538 teini-ikäisen pojan kuulo. Noin 15 %:lla todettiin yli 20 dB kuulon alenema.¹¹

Noin joka kolmannella varusmiespalvelun aloittavalla norjalaisella nuorella oli vuosina 1987 – 1991 vähintään 20 dB kuulon alenema ainakin toisessa korvassa.^{12, 145, †} 1990-luvun puolivälin jälkeen kuulovammaisten osuus on ollut noin 15 %.¹³

Saksassa tehdyssä tutkimuksessa todettiin noin 60 %:lla 19 – 21 vuotiailla varusmiespalveluksen aloittaneista ($N = 424$) vähintään 20 dB kuulon alenema.¹⁴

Itävallassa todettiin 15 – 18 vuotiaiden nuorten kuulon heikentyneen vuosina 1976 – 1991 tehdyn seurannan aikana korkeilla taajuuksilla (3 – 6 kHz) merkittävästi. 1970-luvulla hieman yli 10 %:lla miehistä ja 0 %:lla naisista oli vähintään 20 dB keskimääräinen kuulon alenema 3 – 6 kHz:llä. 1990-luvulle mentäessä kuulovammaisten määrä oli kasvanut sekä miehillä että naisilla noin 40 %:iin.^{15, 16}

Irakissa todettiin 1980-luvulla 18 – 22 vuotiaiden miespuolisten opiskelijoiden ($N = 120$) kuulon olevan 2 – 6 kHz taajuusalueella

* Nykyisin 50 000 hengen ulkokonsertin äänentoistolaitteisto voi käsittää noin 150 kaiutinta (joissa yhteensä yli 1000 kaiutinelementtiä) ja noin 100 päätevahvistinta.

† Kuulon mittaukset eivät ole olleet hyvin kontrolloituja. Tutkija on ilmoittanut, että mittausvirheet, kuten liian suuri taustamelu, ovat vaikuttaneet tuloksiin.

keskimäärin samaa luokkaa kuin 50 vuotiaiden normaaliksi katsottu ikähuonokuuloisuus.¹⁷

Argentiinalaisessa neljävuotisessa seurantatutkimuksessa, jossa oli ensimmäisenä vuona 102 14-vuotiaista poikaa ja 71 14-vuotiaista tyttöä, todettiin diskomelulle ja korvalappustereoiden melulle altistumisen huonontavan kuuloa verrattuna niihin, jotka eivät altistuneet näille meluille. Tutkimusjulkaisu ei kuitenkaan kerro, paljonko kuulo huononi ja miten se riippui altistuksesta.¹⁸

Italiassa tutkittiin 1990-luvulla 315 18 – 19 vuotiaan nuoren kuulo. 7 %:lla todettiin kuulon alenema. 37 % tutkituista ilmoitti korviensa suhisevan.¹⁰

Yhdysvalloissa vuosina 1988 – 1994 tehdyssä 6 – 19 vuotiaiden kuulon tutkimuksessa ($N = 5\,249$) päädyttiin siihen, että 12,5 %:lla tutkituista oli melun aiheuttama kuulon alenema* ainakin toisessa korvassa. Pojista 14,8 %:lla ja tytöistä 10,1 %:lla oli kriteerit täyttävä alenema. 6 – 11 vuotiailla alenemia oli 8,5 %:lla ja 12 – 19 vuotiailla 15,5 %:lla. Suurimmalla osalla (n. 85 %:lla) kuulon alenema oli vain toisessa korvassa ja alenemakriteeri täyttyi vain yhdellä käytetyistä mittaustaajuuksista.¹⁹

Sairaudet, esimerkiksi korvatulehdukset, ja lisääntynyt ototoksisten aineiden (mm. jotkut lääkkeet†) käyttö selittävät osan nuorten kuulon alenemista ja niiden lisääntymisestä,^{20, 21, 22, 29} mutta merkittävän osan syyksi ei ole löydetty muuta loogista selittäjää kuin lisääntynyt – ja iän myötä lisääntyvä²³ – vapaa-ajan meluallistutus. Miehillä selittäjänä on myös varusmiespalveluksen aikainen aseiden (laukausaänet) meluallistutus.

Vapaa-ajan meluallistuksen ja eri melulähteiden vaikutuksia väestön kuuloon on tutkittu kolmea päämenetelmää käyttäen:

- *Kyselytutkimuksin on selvitetty eri melulähteiden‡ osuuksia henkilökohtaisissa altistuksissa. Altistusosuuksien perusteella on päädytty siihen, että musiikkimelulle altistumisella on – tai oikeammin: pitäisi olla – suuri osuus nuorisolla todettujen kuulovaurioiden synnyssä.*

* Kuulon alenema katsottiin melun tuottamaksi, kun alenema täytti seuraavat kolme ehtoa: 1) alenema 1 ja 5 kHz:llä oli pienempi kuin 15 dB, 2) suurin 3, 4 ja 5 kHz:llä mitatuista alenemista oli vähintään 15 dB suurempi kuin suurempi 1 ja 5 kHz:n alenemista ja 3) 8 kHz:llä mitattu alenema oli vähintään 10 dB pienempi (kuulo parempi) kuin suurin 3, 4 ja 6 kHz taajuuksilla mitatuista alenemista.

† Ototoksiset aineet, esimerkiksi kanamysiini, tuhoavat kuuloaistin karvasoluja tai tehostavat melun vaurioittavaa vaikutusta. On myös aineita, jotka toimivat päinvastoin eli vähentävät vaurioherkkyyttä.

‡ kuten diskoissa ja konserteissa käynti, kasettisoittimien kuuntelu, ammunta, moottoriurheilu, meluisat koneet ja lelut, yms.

- *Vertailuin on selvitetty, miten tietylle melulle, esimerkiksi musiikille tai laukausäänille, altistuneiden kuulo poikkeaa sellaisen verrokkiryhmän kuulosta, joka ei ole altistunut ko. melulle, mutta jonka muu altistus ei eroa merkittävästi tutkittavan ryhmän altistuksesta.*
- *Kolmas tutkimusmenetelmä perustuu tietylle vapaa-ajan melulle altistuneiden melualtistusten ja/tai tilapäisten kuulonalenemien vertaamiseen väestön ikähuonokuuloisuuden tietokantoihin*,²⁴ tai työperäisen melualtistuksen kuulovaurioriskien ennustamalleihin.^{†, 25, 26}*

Edellä mainituista kolmesta vaikutusten arviointitavasta ensimmäinen ja kolmas puhuvat sen puolesta, että diskoteekki- ja konserttimelu aiheuttaisi nuorille ja nuorille aikuisille kuulovaurioita, mutta monissa tutkimuksissa, joissa on verrattu muusikoiden ja kuuntelijoiden kuulokykyä sellaisten samanikäisten henkilöiden kuulon, jotka eivät ole altistuneet musiikkimelulle, mutta joiden muu altistus on samaa suuruusluokkaa, musiikkimelulle altistuneilla ei ole todettu tilastollisesti merkittävästi enemmän tai suurempia kuulonalenemia.^{27, 28} Vertailututkimuksissa on lisäksi päädytty siihen, että työperäisen melualtistuksen kuulovaurioriskien ennustemenetelmät näyttävät yliarvioivan ainakin tavanomaisten disko- ja konserttimelualtistusten aiheuttaman kuulovaurioriskin.

Disko- ja konserttimelualtistukseen liittyvä kuulovaurioriski riippuu kerta- ja elinikäisen altistuksen suuruuden lisäksi oleellisesti muun melualtistuksen määrästä ja siitä, miten kuulovaurio ja sen riski määritellään. Tiukimmat kirjallisuudessa esitetyt melun aiheuttaman kuulovaurioriskin kriteerit ja altistuksen raja-arvot lähtevät siitä, että korkeintaan 5 % altistetuista saa mitattavissa olevan (pysyvän) kuulon aleneman. Lievimmat, eli eniten melualtistusta ja kuulon alenemaa sallivat kriteerit perustuvat kuulovamman haitta-asteeseen eli siihen, miten paljon pysyvä kuulon alenema vaikeuttaa jokapäiväistä elämää.

Kirjallisuudessa esiintyy myös kannanottoja, joiden mukaan ihmistä altistava melu pitäisi saada niin alhaiseksi, että se ei aiheuta edes tilapäistä kuulon alenemaa. Kirjoittajat eivät tuo aina esille tätä käsitystä selvästi, vaan jättävät argumentoinnin siihen, että kaikki melualtistus tai altistustilanteet, kuten konsertti- tai disko-musiikin kuuntelu, joka aiheuttaa pienenkin tilapäisen kuulon aleneman, on ihmiselle vaaraksi.

* esimerkiksi ISO 7029:1984-standardin arvoihin.

† esimerkiksi kansainvälisen ISO 1999-standardissa esitettyä riskinarviointimenetelmää käyttäen.

YLEISÖÄ ALTISTAVAN MUSIIKKIMELUN VOIMAKKUUS

15

Pop- ja rockkonserteissa sekä diskoissa käytetään äänentoisto- ja vahvistuslaitteita. Ravintoloissa ja jazzklubeissa saatetaan soittaa musiikkia myös "livenä" ilman äänen vahvistuslaitteita. Laitteistossa on tyypillisesti yksi tai useampia (pääte)vahvistimia ja kaiuttimia. Vahvistimien yhteenlaskettu sähköteho on tyypillisesti muutamasta sadasta watista muutamaan sataan kilowattiin. Vahvistimien teholumien merkitystä arvioitaessa on syytä muistaa, että kaiuttimien hyötysuhde on huono. Tyypillisesti noin 0,5...1 % käytetystä sähkötehosta muuttuu ilmassa eteneväksi ääneksi.* Mitä matalampi taajuus, sitä huonompi hyötysuhde on, ja sitä enemmän tarvitaan vahvistintehoa tietyn äänitehon ja -tason saavuttamiseksi.

Yleisöä ja etenkin yksittäistä kuulijaa altistavan musiikkimelun voimakkuus vaihtelee tilaisuudesta toiseen. Vaihtelun syinä voidaan mainita mm.

- *äänentoistolaitteiden ääniteho ja soitinten/esiintyjien määrä ja laatu vaihtelevat,*
- *altistettujen etäisyys kaiuttimista vaihtelee (kaiuttimien sijoittelu, suuntaavuus ja lukumäärä sekä yleisöalueiden sijainti niihin nähden vaihtelevat, samoin kuulijan paikka yleisön joukossa),*
- *yleisö, tai ainakin osa, liikkuu (vaihtavat paikkaa) äänilähteisiin nähden esitysten aikana tai väliajoilla,*
- *musiikin spektri vaihtelee (spektri, etenkin matala- ja keskitaajusten äänien voimakkuus, vaikuttaa kokonaistason) ja ajalliset ominaisuudet vaihtelevat kappaleesta toiseen,*
- *tilan kaiuntaisuus vaihtelee (halleissa kaiunta, heijastukset, hallin pinnoista lisää etenkin etäällä kaiuttimista olevaan yleisöön kohdistuvan äänen voimakkuutta ja muita ominaisuuksia verrattuna ulkokonserttien tai kuulokekuuntelun ääneen),*

Esimerkiksi hallikonserteissa ja suurissa diskoissa takaosassa (etäällä kaiuttimista) olevaa yleisöä altistava äänen voimakkuus on tyypillisesti 5 – 10 dB(A) alhaisempi kuin etuosassa olevia altistava.^{29, 32}

* Hyvälaatuisten kartiokaiuttimien sähköakustinen hyötysuhde on 0,5 – 1 %, torvikaiuttimien jopa 10...25 %.

Edellä mainituista tekijöistä ja mittaustapojen vaihtelusta johtuen eri tutkimusten tulokset eivät ole keskenään suoraan vertailukelpoisia. Jossain tutkimuksessa koko yleisöä altistavaksi melutoksiksi on saatettu ilmoittaa 2...3 m etäisyydellä kaiuttimista mitattu enimmäistaso ja jossain toisessa yleisön seassa liikkuneen mittajan mukanaan kantaman meluannosmittarin lukema.

ULKOMAISIA MITTAUSTULOKSIA

Clark³⁰ ja Cobot *et al.*³² referoivat yhteensä noin 40:een 1960- ja 1970-luvuilla pop-musiikkikonserteissa ja diskoissa tehtyyn melututkimukseen. Yleisöä altistavat äänitasot* vaihtelivat 75–120 dB(A). Keskimääräinen taso on hieman yli 100 dB(A). Zenner *et al.* mainitsevat vuonna 1999 julkaistussa artikkelissaan diskoteekkien L_{Aeq} -tasojen vaihtelevan 92 – 111 dB(A).³¹ Jäljempänä on referoitu joitakin eri aikoina ja eri maissa julkaistuja tuloksia hieman tarkemmin.

Taulukossa 1 on esitetty USA:ssa 1970-luvun lopussa ravintoloissa ja diskoteekissa tehtyjen melumittausten tuloksia. Rock-musiikkimittauksia oli 20[†] ja diskoteekkimittauksia 23[‡]. Rock-musiikki oli orkestereiden soittamaa, diskomusiikki toistettiin äänitteiltä kaiuttimista. Orkesterin taukojen aikana rock-paikkojen melutaso oli noin 15 dB(A) hiljaisempi. Taukojen osuus oli noin 1/3 ajasta. Tasot on pyöristetty lähimpään kokonaislukuun.³²

TAULUKKO 1: Ravintoloiden musiikkimelun tasoja 1970-luvun lopulta amerikkalaisten mittausten mukaan.³²

Oktaavi/Hz	63	125	250	500	1k	2k	4k	A	C
Rock-musiikki									
– $L_{50\%}$ /dB	87	90	89	85	84	81	74	89	95
– $L_{min} - L_{max}$ /dB	61-104	67-110	66-113	66-113	65-110	60-107	49-101	71-115	71-115
Diskoteekit,									
– $L_{50\%}$ /dB	86	85	82	80	80	78	71	85	91
– $L_{min} - L_{max}$ /dB	73-92	69-94	66-89	66-86	67-90	65-86	57-89	71-93	76-97

* 1960- ja 1970-luvuilla mittaukset tehtiin yleensä äänitasomittareilla, joista voitiin lukea vain hetkellinen äänitaso erilaisia taajuuks- ja aikapainotuksia käyttäen. Tulokset ilmoitettiin yleensä joko hetkellisen tason vaihtelualueena tai silmämääräisesti ”integroituna” keskimääräisenä arvona. Joissakin tutkimuksessa on käytetty tasopiirturia. Keskimääräinen taso on arvioitu silmämääräisesti hetkellisen tason piirretystä vaihtelusta.

† useita á 5 minuutin mittauksia eri puolilla salia samana iltana, 7 eri paikassa, 9 eri orkesteria.

‡ useita á 5 minuutin mittauksia eri puolilla salia samana iltana, 3 eri paikassa.

Taulukossa 2 on esitetty Alankomaissa 1990-luvun alkupuolella tehtyihin mittauksiin perustuvia ravintoloiden musiikkimelun melutasojen vaihtelualueita.

TAULUKKO 2: Tyypillisiä ravintoloiden melutasoja Hollantilaisten mittausten mukaan.²⁰⁵

Ravintolatyyppi, paikka	L_{Aeq} -taso esitysten aikana
Ruokaravintolasalit	70 – 75 dB(A)
Hiljainen pub tai baari	75 – 80 dB(A)
Pub- tai baari, jossa jukebox	80 – 85 dB(A)
Nuorisopub tai -baari	90 – 100 dB(A)
Bub tai baari, jossa tanssia	90 – 100 dB(A)
Diskot	90 – 105 dB(A)
Diskot, joissa elävää musiikkia	95 – 115 dB(A)

Vreeswijk²⁰⁵ on päättänyt 1990-luvulla tekemiensä mittausten perusteella seuraaviin ravintoloissa esitetyn musiikin standardispektrien painokertoimiin. A-painotettu oktaavitaso saadaan lisäämällä A-tasosta painokerroin C_i :

TAULUKKO 3: Ravintoloiden musiikin standardispektrien painokertoimet hollantilaisten mittausten mukaan.²⁰⁵

Oktaavi/Hz	63	125	250	500	1k	2k	4k
C_i Pop	-27	-14	-9	-6	-5	-6	-10
C_i normaali	-22	-8	-8	-7	-8	-8	-8

Cabot *et al.*³² päätyivät 1970-luvun lopussa USA:ssa tehdyissä mitauksissa taulukossa 4 esitettyihin ravintola-, klubi- ja diskomusiikin spektrien painokertoimiin. A-painotettu oktaavitaso saadaan lisäämällä A-tasosta painokerroin C_i .

TAULUKKO 4: USA:ssa 1970-luvulla mitattuihin rockravintoloiden ja -klubien sekä diskoteekkien spektreihin perustuvat painokertoimet.³²

Oktaavi/Hz	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
C_i Rock	-31	-16	-7	-7	-6	-8	-16	-23
C_i Disko	-25	-16	-11	-8	-5	-6	-12	-21

Taulukkojen 3 ja 4 vertailu viittaa siihen, että toistetun musiikin spektrit ovat muuttuneet. Sekä matalataajuiset äänet (64, 125 ja 250 Hz oktaavit) ja korkeataajuiset (4 kHz oktaavi) ovat nykyisin suhteellisesti voimakkaampia kuin 1970-luvulla USA:ssa. Ero selittyy parantuneilla laitteilla, muuttuneilla äänitteillä sekä uusilla synteettisillä voimakasta matalataajuista ääntä tuottavilla rytmi-soittimilla.

Taulukossa 5 on esitetty Fearnin³³ Englannissa mittaamia diskoteekkien meluja 1970-luvulla.

TAULUKKO 5: Tyypillisiä diskoteekkien meluja Englannissa 1970-luvulla.³³

Paikka	Esityksen kesto, <i>T</i>	<i>L_{Aeq, T}</i>
Nuorisodisko 1	1,2 h	94 dB(A)
Nuorisodisko 2	0,5 h	91 dB(A)
Nuorisodisko 3	2,0 h	90 dB(A)
Nuorisodisko 4	2,0 h	93 dB(A)
Yliopiston disko	0,5 h	92 dBA()

Italialaisissa diskoteekeissa (*N* = 12) mitattiin 1990-luvun alussa *L_{Aeq}*-tasoksi 86 – 103 dB(A). Keskimääräinen *L_{Aeq}*-taso oli 99 dB(A) ja keskimääräinen *L_{A,50%}*-taso 96 dB(A). Samassa rakennuksessa oleviin asuntoihin kuuluva *L_{Aeq}*-taso vaihteli 32 – 58 dB(A).³⁴

Belgiassa tutkittiin 1990-luvun vaihteessa diskoteekkien äänitasoja ja diskomelujen vaikutuksia nuorison kuuloon. Mittauksia tehtiin 23 diskoteekissa 2 m etäisyydellä kaiuttimista. Seitsemässä diskoteekissa keskimääräinen *L_{Aeq}*-taso oli alle 90 dB(A), muissa enemmän.³⁵

Taulukossa 6 on esitetty Ruotsissa Ullevin stadionilla ja Scandinavium-hallissa vuonna 1998 tehtyjen mittausten tuloksia. Mittaukset tehtiin mittaajan mukana kulkeneella annosmittarilla. Mittaaja pyrki sijoittumaan konsertin aikana paikkoihin, joissa oli odotettavissa suuria äänitasoja.³⁶

TAULUKKO 6: Ruotsissa vuonna 1998 konserteissa annosmittarilla mitattuja L_{Aeq} -tasoja ja tilaisuuksien yleisömääriä.³⁶

Konsertti/orkesteri	Kesto, T	$L_{Aeq,T}/dB(A)$	Yleisöä
Ullevi			
– Elton John	3 h 2 min	108	34 000
– Rolling Stones	4 h 2 min	98	49 000
Scandinavium			
– Backstreet Boys	3 h 32 min	100	8 300
– AQUA	4 h 2 min	95	7 900
– John Fogerty	1 h 9 min	97	8 200
– Depeche Mode	2 h 54 min	102	7 000
– Rod Stewart	2 h 25 min	105	8 000
– Eric Clapton	2 h 30 min	100	8 400

19

Usein kuulee esitettävän, että diskoissa ja konserteissa äänen voimakkuutta lisätään illan mittaan. Joissakin tutkimuksissa on todettu merkittävää äänitason kasvua, joissakin ei.³⁷

SUOMESSA TEHTYJÄ MITTAUKSIA

Ulkokonsertit

Työsuojeluhallinnon henkilöstö mittasi meluja Pori Jazz 98 tilaisuuksissa. Kirjurinluodon ulkokonsertissa lyhytaikaiset tasot vaihtelivat mittauspaikasta ja ajasta riippuen 85 – 106 dB(A). Lähimmät mittauspisteet olivat 3 m etäisyydellä pääkaiuttimista, kaukaisimmat noin 25 m päässä lisäkaiuttimista. Yleisöä altistavan äänenpaine-tason arvioitiin olevan keskimäärin 93 dB(A).³⁸

Taulukossa 7 on esitetty Kauko Saaren ja Juha Parviaisen³⁹ me-luannosmittarilla mittaamia yleisöä altistavia tasoja ulkokonser-teissa. Tulokset on pyöristetty lähimpään kokonaislukuun. Ruis-rockin mittaukset tehtiin invalidilavalta noin 30 m etäisyydellä esiintymislavalta. Ilosaaren mittaukset tehtiin invalidilavalta, joka oli miksauspöydän vieressä.

TAULUKKO 7: Kauko Saaren ja Juha Parviaisen mittaamia musiikkimelutasoja suomalaisissa ulkokonserteissa.³⁹

20

Konsertti/orkesteri	Kesto, T	$L_{Aeq,T}/dB(A)$	$L_{Amax}/dB(A)$
Ruisrock 2.– 3.7.1999			
– Tommi Läntinen	1 h 4 min	104	120
– Ultra Bra	37 min	106	119
– Metallica	1 h 15 min	103	126
– Ministry	59 min	109	118
– Blondie	1 h 6 min	104	117
– J. Karjalainen	51 min	96	116
– Nylon 66	42 min	100	118
– Catatonia	54 min	103	119
– Massive Attack	39 min	99	112
– Sami Saari	1 h 3 min	96	111
– Apocalyptica	1 h 2 min	103	119
Ilosaari 17.– 18.7.1999			
– Jonna Tervomaa	50 min	92	110
– YUP	33 min	95	107
– Hurricane	43 min	100	112
– Ultra Bra	37 min	97	111
– Paradise Lost	31 min	97	107
– CMX	1 h 8 min	101	118
– Nylon Beat	36 min	100	–
– Nightwish	37 min	100	–
– Rasmus	1 h 4 min	100	–
– Pitchshifter	60 min	99	–
– Centenced	1 h 8 min	99	–
– E Rollins Band	1 h 11 min	99	–

Sisähallikonsertit

Taulukossa 8 on esitetty Kauko Saaren³⁹ meluannosmittarilla mitattamia yleisöä altistavia tasoja sisähalleissa pidetyissä konserteissa. Tulokset on pyöristetty lähimpään kokonaislukuun.

TAULUKKO 8: Kauko Saaren mittaamia musiikkimelutasoja suomalaisissa sisähal-
likonserteissa.³⁹

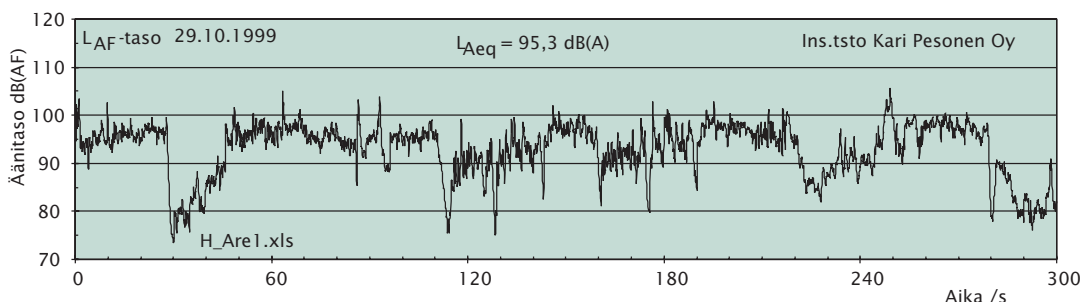
Paikka/orkesteri/tilaisuus	Kesto, T	$L_{Aeq,T}/dB(A)$	$L_{Amax}/dB(A)$
Hartwall Arena 29.10.1999⁽¹⁾			
– Rasmus	31 min	101	117
– Red Hot Chilli Peppers	1 h 26 min	98	119
Hartwall Arena 30.10.1999⁽¹⁾			
– Rasmus	32 min	99	110
– Red Hot Chilli Peppers	1 h 26 min	98	115
Hartwall Arena 31.10.1999⁽²⁾			
– Jamieroquai	1 h 47 min	107	124
Hartwall Arena 13.11.1999⁽³⁾			
– Aerobic MM	1 h 12 min	87	108
Hartwall Arena 16.11.1999⁽⁴⁾			
– Burn the Floor	2 h 23 min	88	103
Hartwall Arena 18.11.1999⁽⁵⁾			
– Bumtsi Bum	3 h 44 min	90	109
Hartwall Arena 21.11.1999⁽⁶⁾			
– Mirah ja Cher	3 h 46 min	99	115
Hartwall Arena 27.11.1999⁽⁴⁾			
– Arja Koriseva	2 h 45 min	89	105
Jäähalli 29.11.1999			
– DIO, Motorhead ja Mannovar	5 h 44 min	106	128
Hartwall Arena 6.12.1999⁽⁷⁾			
– Eppu Normaali	2 h 58 min	100	113
Hartwall Arena 8.12.1999⁽⁴⁾			
– Lastenklinikan kummit	2 h 32 min	81	99
Jäähalli 29.11.1999⁽⁸⁾			
– Black Sabbath	3 h 31 min	105	131

21

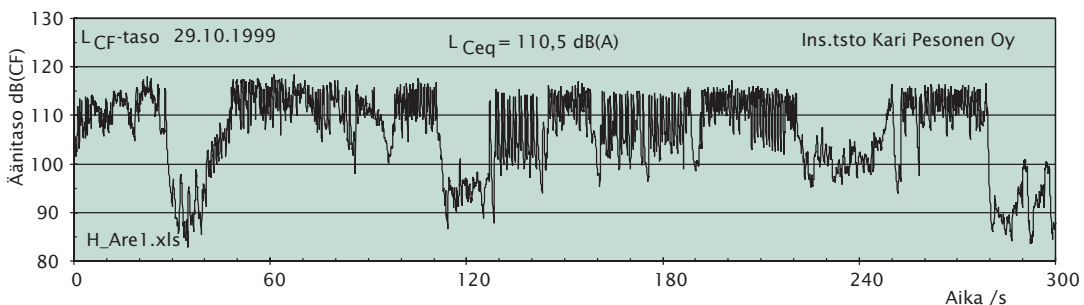
Taulukon 8 mittausten mittauspaikat: 1) esiintymislavan edessä, noin 30 m etäisyydellä, 2) pääasiassa miksauspöydän vieressä, lisäksi kierrelty hallissa, 3) oikean sivukatsomon invapaikalla, 4) jäähyahtiossa, noin 20 m esiintymislavalta, 5) permannon (kentän) oikealla laidalla, noin 15 m esiintymislavalta, 6) esiintymislavan välittömässä läheisyydessä, 7) pääasiassa keskellä hallia, noin 30 m esiintymislavalta ja lisäksi kierrelty hallissa, 8) kierrelty eri puolilla hallia.

Kari Pesonen mittasi 29.10.1999 Harwall Arenalla Red Hod Chilli Peppersin ja lämmittelyorkesterin, Rasmuksen, musiikin ääniä.

Kuvassa 1 on tyypillinen esimerkki fast-aikapainotetun A-tason vaihtelusta viiden minuutin ajalta. Kuvassa 2 on esitetty sama näyte taajuuspainotusta C ja aikapainotusta fast käyttäen.

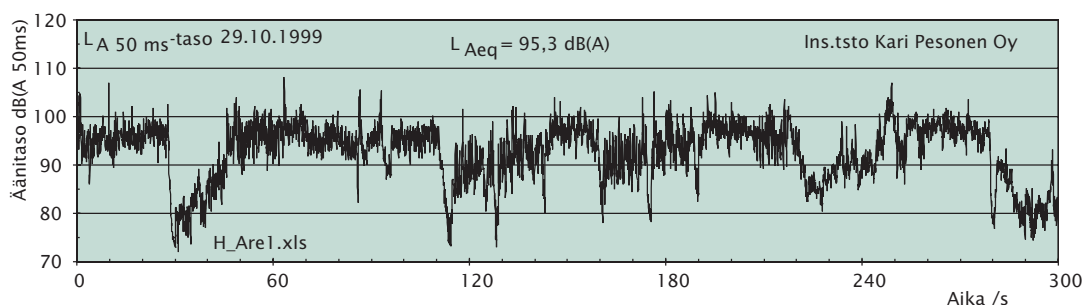


KUVA 1: 300 sekunnin näyte Rasmuksen soitosta. Taajuuspainotus A ja aikapainotus Fast. Noin 3 m etäisyydellä bassokaiuttimista soittolavan oikealla laidalla (orkesterista katsottuna).

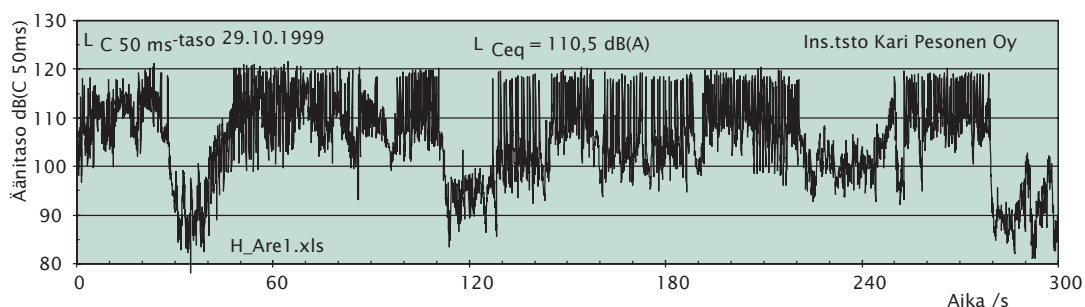


KUVA 2: 300 sekunnin näyte Rasmuksen soitosta. Taajuuspainotus C ja aikapainotus Fast. Noin 3 m etäisyydellä bassokaiuttimista soittolavan oikealla laidalla (orkesterista katsottuna). Sama näyte kuin kuvassa 1, mutta eri painotuksilla.

Kuvia 1 ja 2 vertaamalla voidaan todeta, että C-painotettu ääni on huomattavasti voimakkaampaa kuin A-painotettu. Syynä on se, että matalaajuiset äänet ("jumputus") ovat huomattavasti voimakkaampia kuin keski- ja korkeataajuiset. Kuvasta 2 nähdään selvästi se, että matalataajuisen äänen voimakkuus rajoittuu 104...106 dB(CF)-tasoon. Syynä on joko se, että laitteisto ei pysty lainkaan toistamaan tätä voimakkaampia matalataajuisia ääniä tai, että matalataajuisien äänien voimakkuus on rajoitettu (säädetty ns. limiterillä) tähän enimmäistasoon. Laitteisto- tai säätöriippuvainen äänitason yläraja näkyy vielä selvemmin vertaamalla 50 ms aikapainotusta käyttäen tulostettuja A- ja C-taajuuspainotettuja näytteitä (kuvat 3 ja 4)

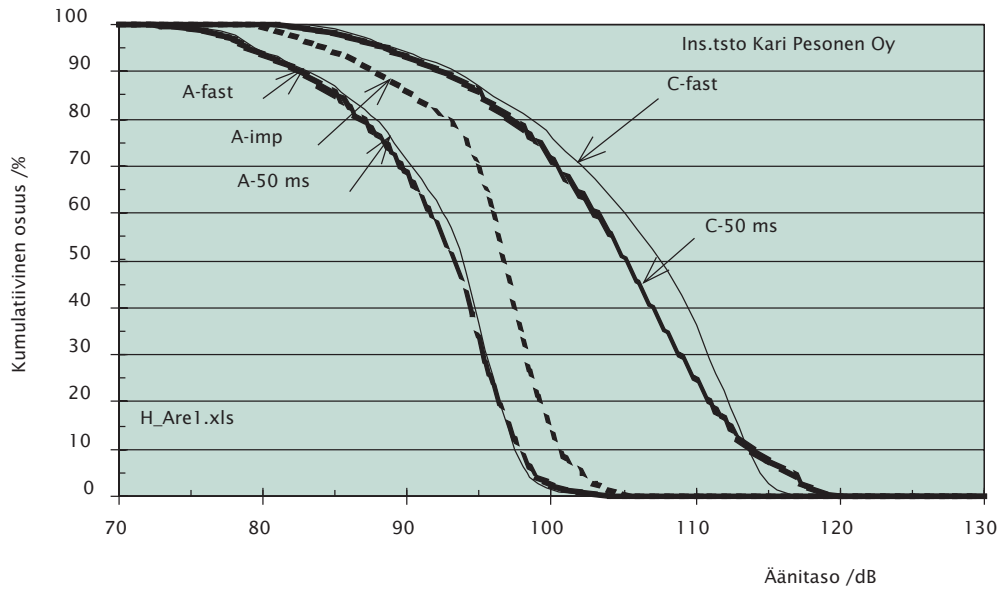


KUVA 3: 300 sekunnin näyte Rasmuksen soitosta. Taajuuspainotus A ja aikapainotus 50 ms. Noin 3 m etäisyydellä bassokaiuttimista soitto-lavan oikealla laidalla (orkesterista katsottuna). Sama näyte kuin kuvassa 1, mutta eri painotuksilla.



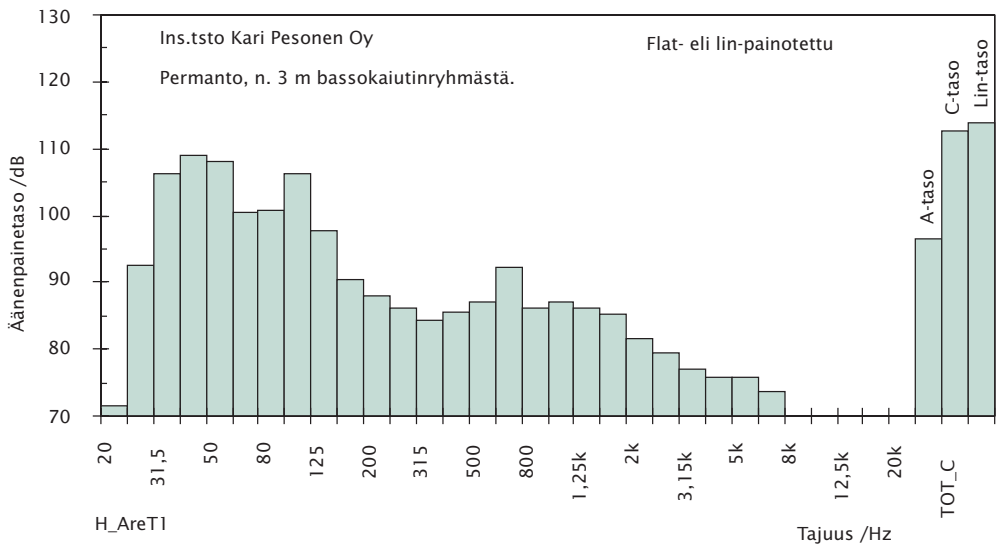
KUVA 4: 300 sekunnin näyte Rasmuksen soitosta. Taajuuspainotus C ja aikapainotus 50 ms. Noin 3 m etäisyydellä bassokaiuttimista soitto-lavan oikealla laidalla (orkesterista katsottuna). Sama näyte kuin kuvassa 1, mutta eri painotuksilla.

Kuvassa 5 on esitetty kuvan 1 ääninäytteen pysyvyyskäyrät erilaisia painotuksia käyttäen. Kuva esittää, montako prosenttia ajasta taso on ollut vaaka-asteikon ilmoittamaa äänitasoa suurempi.



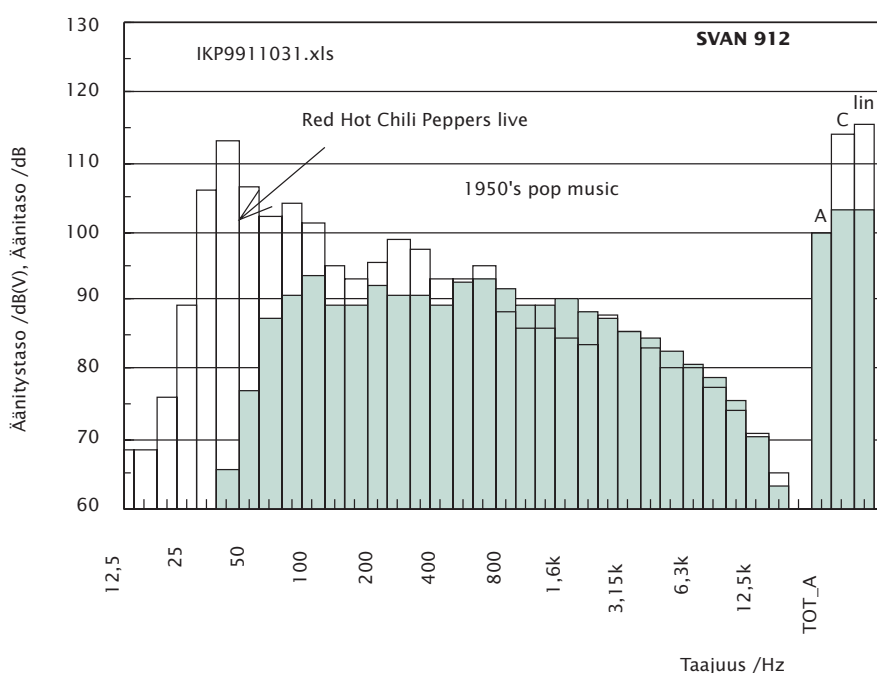
KUVA 5: 300 sekunnin (5 min) näytteiden pysyvyyskäyriä Rasmusen soitosta. Viisi erilaista aika- ja taajuuspainotusta. Noin 3 m etäisyydellä bassokaiuttimista soittolavan oikealla laidalla (orkesterista katsottuna). Sama näyte kuin kuvassa 1, mutta eri painotuksilla.

Kuvassa 6 on näyte kuvan 1 musiikin terssispektristä.



KUVA 6: Taajuuspainottamaton terssispektrinäyte Rasmusen soitosta Noin 3 m etäisyydellä bassokaiuttimista soittolavan oikealla laidalla (orkesterista katsottuna).

Kuten jo johdanto-luvussa todettiin ja, kuten edelliset kuvat selvästi osoittavat, nykyaikainen tekno-, rock- ja diskomusiikki sisältää hyvin voimakkaita matalataajuisia ääniä. Kuvassa 7 on vertailtu 1950-luvun popmusiikin 20 minuutin pituisen näytteen (CD-levy, rasteroitu spektri) äänitystason taajuuspainottamatonta terssispektriä Harwall Arenalla 29.10.1999 äänitettyyn Red Hot Chilli Peppersin soiton spektriin. Molemmat näytteet on normalisoitu samaan 100 dB(A) kokonaistasoon. Red Hot Chilli Peppersin musiikin (nykyaikaisen teknorockin) voimakas matalataajuisuus verrattuna 1950-luvun pop-musiikkiin näkyy kuvasta hyvin selvästi.



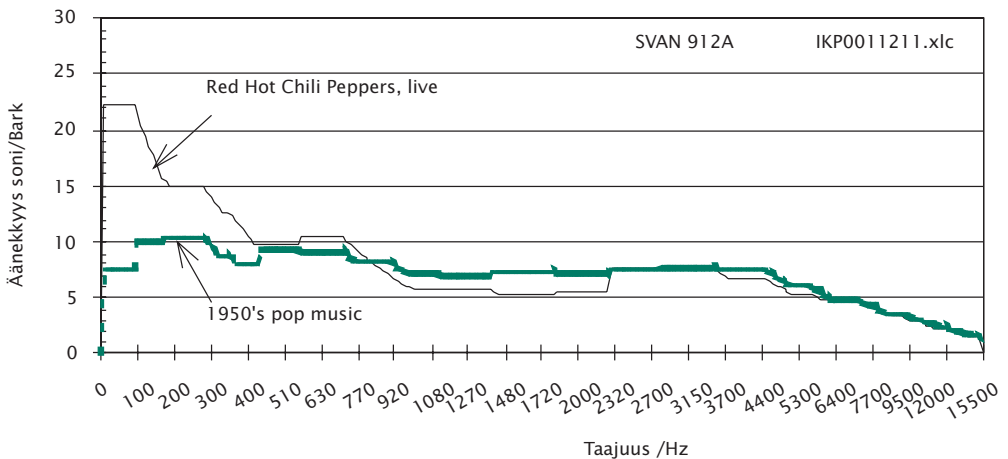
KUVA 7:

1950-luvun popmusiikin painottamaton terssispektri (rasteroitu) verrattuna Red Hot Chilli Peppersin soiton spektriin. Molemmat on normalisoitu 100 dB(A)-tasoon. Vertailun vuoksi: nelikielisen sähköbassokitaran alimman äänen, B_1 , perustaajuus on noin 62 Hz.

Kuvassa 8 on esitetty kuvan 7 spektrien äänekkyystiheydet eli äänekkyysspektrit laskettuna Zwickerin menetelmän mukaan.^{*, 40} Äänekkyysspektrien vertailu antaa psykoakustisesti tarkemman kuvan eri taajuusalueiden keskinäisestä äänekkyystä ja äänekkyyseroista kuin kuvan 7 painottamattomat äänenpaineen terssispektrit.

* Zwickerin menetelmä olettaa, että äänen spektri ei vaihtelee ajallisesti kovin paljon. Koska musiikin spektri ja voimakkuus vaihtelevat ajallisesti paljon, äänekkyysvertailuja on pidettävä suuntaa antavina.

Red Hot Chilli Peppersin soittama musiikki on alle 100 Hz taajuuksilla (ensimmäisen kriittisen kaistan alueella) noin kolme kertaa niin äänekästä kuin samalla A-äänitasolla esitetty 1950-luvun pop-musiikki. 100 dB(A)-tasoon normalisoidun Red Hot Chilli Peppersin musiikin kokonaisäänekkyys on noin 190 sonia ja 1950-luvun pop-musiikin 170 sonia.



Kuva 8: 1950-luvun popmusiikin äänekkyysspektri verrattuna Red Hot Chilli Peppersin soiton spektriin. Molemmat on normalisoitu 100 dB(A)-tasoon. Äänekkyysspektrit on laskettu Zwickerin menetelmän mukaan.

Kari Pesosen tekemät useat eri CD-äänitteiden vertailut vahvistivat sen, että nykyaikainen tekno-, rock- ja diskomusiikki sisältää huomattavasti enemmän matalataajuisia äänienergiaa suhteessa keski- ja korkeataajuisiin ääniin kuin esimerkiksi klassinen musiikki ja pop-musiikki.

Ravintolat, musiikkiklubit

Työsuojeluhallinnon henkilöstö mittasi meluja Pori Jazz 98 tilaisuuksissa. Ravintoloissa, baareissa ja klubeissa mitatut lyhytaikaiset tasot vaihtelivat 83 – 107 dB(A).³⁸

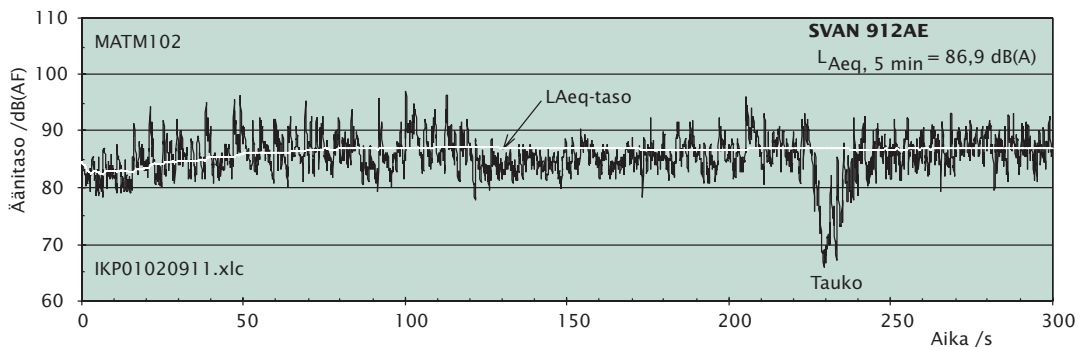
Saari³⁹ mittasi 12.1.2000 Siljan Finnjetillä 2h 30 minuuttia kestäneen keskiyön shown L_{Aeq} -tasoksi 94 dB(A), L_{Amax} -tason ollessa 111 dB(A).

Björkin⁴¹ julkaisemat mittaustiedot suomalaisten seurusteluravintoloiden ($N = 18$) L_{Aeq} -tasoista ovat välillä 80 – 101 dB(A). Noin puolessa ravintoloista L_{Aeq} -taso ylitti 88 dB(A) ja puolessa alitti.

Mittaus kesti kussakin noin tunnin.

Fleming⁴² tutki 1990-luvun alkupuolella diskoteekkien baarihenkilökunnan melualtistuksia. Työpäivän melualtistukset, $L_{EP,d}$, vaihtelivat 83 – 98 dB(A). Yleensä voitaneen lähteä siitä, että baarissa oleskelevan yleisön altistus on lyhyemmästä oleskeluajasta johtuen henkilökunnan altistusta vähäisempää tai korkeintaan samaa suuruusluokkaa.

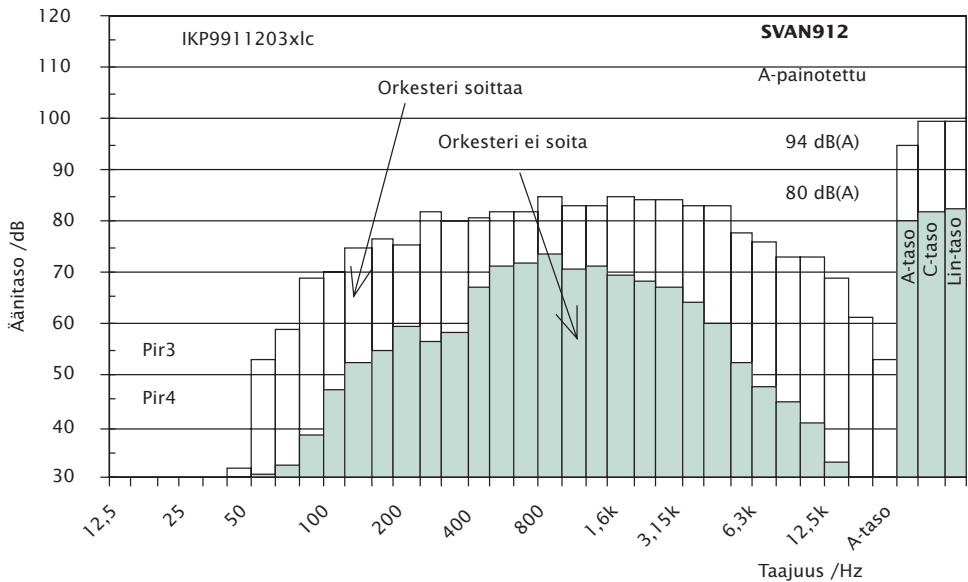
Pesonen⁴³ on mitannut tanssi- ja karaoke-ravintoloiden sisämeluja sekä niistä ulos ja naapuriasuntoihin kuuluvaa melua. Yleisöä (asiakkaita) esitysten aikana altistavien sisämelujen L_{Aeq} -tasot ovat olleet 76 – 98 dB(A). Kuvassa 9 on esimerkki pienehkön tanssiravintolan tanssialueen äänenpainetason (taajuuspainotus A, aikapainotus Fast) ja L_{Aeq} -tason ajallisesta vaihtelusta. Duo, kosketinsoitin ja rummut, soitti. Etäisyys oli noin 3 m orkesterista ja lähimmästä kaiutinpilarista.



KUVA 9:

Esimerkki erään pub-tyyppisen tanssiravintolan tanssialueen melun L_{AF} -tason ja L_{Aeq} -tason ajallisesta vaihtelusta.⁴³

Kuvassa 10 on esitetty erään toisen tanssiravintolan tanssialueelta soiton ja tauon aikana mitatut A-painotetut terssispektrit. Orkesteri oli nelimiehininen ja käytti vahvistuslaitteita.⁴³



KUVA 10: Esimerkki erään keskikokoisen tanssiravintolan tanssialueen melun terssispektreistä soiton ja tauon ajalta. Molemmat spektrit on A-painotettu.⁴³

Yhteenvedona voidaan todeta, että ravintoloiden musiikkimelun voimakkuus vaihtelee suuresti. Melun voimakkuus riippuu muun muassa vahvistuksen määrästä (vahvistimien tehosta, säädetyistä volyyminista ja mahdollisista taajuuskorjauksista), kaiuttimista ja niiden sijoittelusta sekä ravintolatilan koosta ja huoneabsorptiosta.

Elokuvat

Elokuvateattereissa esitetään sekä musiikkia, puhetta että tehosteääniä. Digitaalinen äänentoisto on mahdollistanut äänentoiston hyvin suurella voimakkuudella (yli 100 dB) ilman äänen laadun (selvyyden) huonontumista tai kohinatason nousua korkeaksi hiljaisissa kohdissa. Tunnetuimmat neljä digitaalista filmiteollisuuden äänijärjestelmää ovat Dolby Digital, DTS, SDDS ja THX. Uusi tekniikka on lisännyt suhteellisesti eniten matalataajuuksien (tehoste)äänien voimakkuutta ja ennen kaikkea dynamiikkaa eli äänen voimakkuuden vaihtelualueen laajuutta elokuvan aikana.

1940-luvulla elokuvateattereihin suositeltiin noin $0,02 \text{ W/m}^3$ vahvistintehoa.⁴⁴ Nykyisin teattereissa, joissa on monikanavainen äänentoistojärjestelmä, äänivahvistimien kokonaisteho on luokkaa $0,5 \dots 2 \text{ W/m}^3$.

Suomessa tehtyjen mittausten mukaan elokuvateattereiden L_{Aeq} -tasot vaihtelivat 70 – 82 dB(A) ja esitysten kestot 90 – 146 min.⁴¹

Edellisessä luvussa on esitetty useissa taulukoissa tilaisuuden kesto. Se kuvaa ainakin karkeasti yleisön tyypillisen melualtistuksen keston yhdessä tilaisuudessa, mutta ei kerro mitään yleisön pitkäaikaisesta altistuksesta. Tässä luvussa on referoitu pitkäaikaisaltistusta koskevia tutkimustuloksia ja julkaisuja.

Yhdistyneissä Kuningaskunnissa esitettiin 1980-luvulla seuraavat arviot (taulukko 9) väestön altistumisesta musiikki- ja teollisuusmelulle⁴⁵ Karkeasti laskien Suomen asukasluku on 1/10 UK:n luvusta. Taulukossa 9 esitetyjä lukuja soveltaen Suomessa altistui si vuosittain 10 000 – 600 000 henkilöä diskoteekkimelulle ja 50 000 rock-konserttien melulle.

TAULUKKO 9: Karkeita arvioita väestön altistumisesta UK:ssa erilaisille musiikkimeluille ja työperäiselle melulle.⁴⁵

Altistava melu	Altistettujen määrä	Typillinen altistusaika h/vuosi	$L_{Aeq, vuosi}$ /dB(A) 10;50;90 %	Typillinen altistusaika vuosia elinaikana	NIL /dB(A) ¹⁾ 10;50;90 %
Diskoteekit	0,9 – 6 milj.	156 – 234	95;87;80	5 – 7	104;96;89
Rockkonsertit	0,5 milj.	18	91;83;75	7	100;92;84
Henk.kohtaiset kasettisoittimet	5 milj.	400	86;77;62	10	96;87;72
Teollisuusmelu	2,6 milj.	2000	>80	40	>96
	0,6 milj.	2000	>90	40	>106

- 1) $NIL = L_{Aeq, vuosi} + 10 \lg(T/T_0)$, jossa T = elinaikainen altistusaika vuosissa, $T_0 = 1$ vuosi. Koko väestön määrä $N = 55$ milj. Sarakkeessa on kolme melutason arvoa. 10 % väestä arvioidaan altistuvan vähintään ensimmäisen lukeman ilmoittamalle NIL -tasolle, 50 % vähintään toisen lukeman tasolle ja 90 % vähintään kolmannen luvun tasolle.
 NIL ei ole yksikäsitteinen altistuksen mitta. Robinson⁴⁶ esitti jo vuonna 1968 vastaavan mitan, jossa T on kuukausia ja T_0 1 kk.

TAULUKKO 10: Saksalaisen nuorison meluallistustuloksia 1990-luvun alkupuolella tehdyn kyselytutkimuksen mukaan.³¹

30

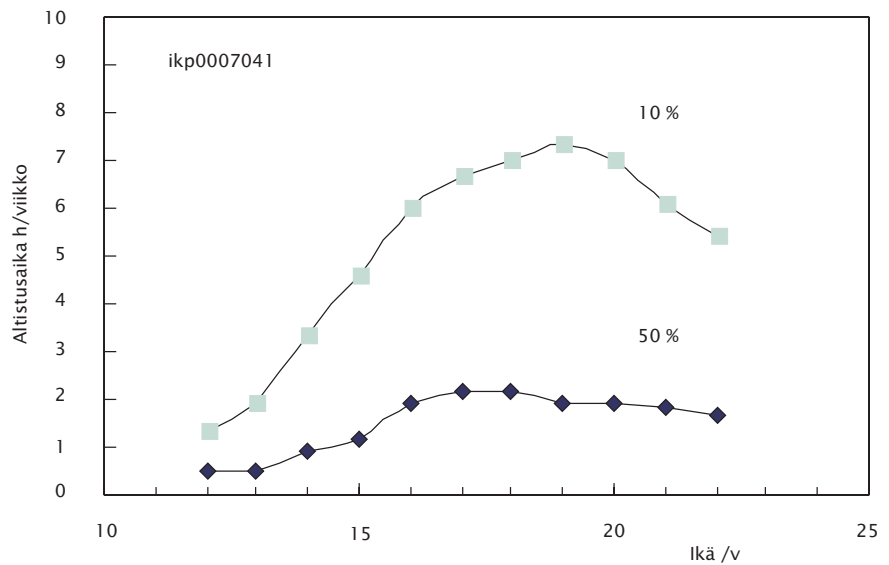
Altistuksen lähde	Altistettuja % / 18–19-vuotiaista	Altistus h/viikko	Altistus kk/elin-aikana
Diskoteekeissa käynnit	79,7	6,2	30,6
Voimakasäänisen musiikin kuuntelu (kasettisoittimet, kotistereot)	71,9	11,4	44,3
Musiikin soitto	7,5	9,7	49,2
Mopedit, moottoripyörät	21,5	8,3	20,3
Muu moottoriurheilu	2,5	9,5	12,8
Ampumaurheilu	2,0	3,7	16,3
Muu meluisa harrastus	2,6	7,4	40,2

Saksassa arvioitiin vuonna 1993 tehdyn kyselytutkimuksen ($N = 505$) perusteella nuorison meluallistusten lähteitä. Kysely suunnattiin 18 – 19 vuotiaille nuorille. Yhteenveto tuloksista on esitetty taulukossa 10.³¹

Taulukkoja 9 ja 10 verrattaessa voidaan todeta saksalaisten arvioivan nuorison altistuvan diskoteekkimelulle keskimäärin 322 tuntia vuodessa 6,2 vuoden ajan elinaikanaan, kun UK:ssa 10 vuotta aikaisemmin tehty arvio päättyi 156 – 234 tuntiin vuodessa 5 – 7 vuoden ajan. Muulle voimakasääniselle musiikille saksalaisten nuorison arvioitiin altistuvan 600 – 1 100 tuntina vuodessa 10 – 11 vuoden ajan elinaikanaan. Vastaavat UK:n luvut ovat: altistusaika 10 vuoden ajan noin 400 – 420 tuntia vuosittain.

Kuvassa 11 on esitetty toisen saksalaistutkimuksen ($N \approx 10\,000$) tulokset eri ikäisen nuorison ajanvietosta diskoteekeissa ja konserteissa. Alempi käyrä esittää vastausten mediaania (50 %) ja ylempi eniten aikaa diskoissa ja konserteissa viettävän 10 %:n ajankäyttöä. Ikäluokka 22 sisältää 22 vuotiaat ja sitä vanhemmat. Keskimäärin 12 – 22 vuotiaat kävivät diskossa ja konserteissa kerran tai kaksi kuussa. Innokkain 10 % kävi niissä kerran tai kaksi viikossa.⁴⁷

Ranskalaisessa 1990-luvulla tehdyssä tutkimuksessa ($N = 1\,364$) todettiin, että noin 18 % vastaajista kävi diskoteekeissa vähintään 2 kertaa kuukaudessa ja noin 16 % vähintään kerran kuukaudessa rock- ja muissa pop-musiikkikonserteissa. Konserteissa käynti alkoi vähentyä 30 vuoden iässä ja oli yli 40 vuotiailla satunnaista.¹⁴⁴



KUVA II:

Saksalaisen nuorison diskoteekeissa ja konserteissa viettämä aika, tuntia viikossa. Ikäluokka 22 sisältää myös sitä vanhemmat ikäluokat.

Ruotsissa tutkittiin 1970-luvun lopussa kyselytutkimuksella 17 – 20 vuotiaiden nuorten miesten ($N = 538$) vuosittaista altistumista erilaisille musiikkimeluille. Tulokset on esitetty taulukossa 11.⁴⁸

Ruotsissa vuonna 1994 tehdyn kyselytutkimuksen mukaan 18 vuotiaista miehistä 80 % kertoi altistuvansa musiikkimelulle usein tai hyvin usein. Vastaajista 17 % ilmoitti käyvänsä enemmän kuin 10 pop-konsertissa vuosittain. 21 % vastaajista kertoi osallistuvansa itse musiikin tekoon.⁴⁹

TAULUKKO II: Ruotsalaisten nuorten miesten ($N = 538$) altistuminen erilaisille musiikkimeluille 1970-luvun lopussa.⁴⁸

Altistuksen syy ja toistuvuus	Ei koskaan	1 – 5 kertaa vuodessa	6 – 12 kertaa vuodessa	Joka toinen viikko	Useita kertoja viikossa
Pop-konsertti	27 %	57 %	11 %	3 %	2 %
Diskoteekki	15 %	22 %	28 %	33 %	2 %
Musiikin kuuntelu kuulokkeista	35 %	20 %	5 %	10 %	30 %
Musiikin kuuntelu kaiuttimista	1 %	1 %	–	3 %	95 %
Kuuntelu/soitto lujalla äänellä	4 %	8 %	8 %	26 %	54 %
Aktiivisia muusikkoina	90 %	2 %	1 %	3 %	4 %

Belgiassa 1990-luvun vaihteessa 16 – 22 vuotiaille koululaisille ja opiskelijoille (N = 682) tehdyn kyselytutkimuksen mukaan 41 % ammattikoulujen, 26 % yleisen yläasteen ja 32 % teknisen yläasteen oppilaista vietti viikottain yli 8 tuntia diskoissa.³⁵

Taulukossa 12 on esitetty suomalaisille 12 – 17 vuotiaille koululaisille tehdyn kyselytutkimuksen⁵⁰ (N = 405) tuloksia altistumisesta vapaa-ajan meluille. Tutkimuksessa ei selvitetty kuinka paljon altistusta kertyy elinaikana.

Suomalaisessa tutkimuksessa mainitaan, että nuorten kuulo- vaurioriskit arvioitiin viikottaisen altistuksen mukaan ISO 1999-standardin²⁶ mukaan. Julkaisusta⁵⁰ ei kuitenkaan käy ilmi, miten ja millaiseksi henkilöiden elinaikainen altistus arvioitiin. Tekstistä saa sen käsityksen, että tutkijat olettivat viikottaisen altistuksen jatkuvan samanlaisena hyvin pitkään.

TAULUKKO 12: Suomalaisten 12 – 17 vuotiaiden koululaisten (N = 405) altistuminen vapaa-ajan meluille 1990-luvulla.⁵⁰

Altistuksen lähde	Altistettuja % / 12–17-vuotiaista	Altistus h/viikko	Altistus kk/elinaikana
Diskoteekeissa ja pop-konserteissa käynnit	44	3,3	?
Kotistereoiden kuuntelu	72	11,4	?
Kasettisoittimien kuuntelu	42	3,1	?
Musiikin soitto bändissä	12	5,9	?
Klassisen musiikin soitto	16	5,0	?
Moottoriurheilu	25	11,7	?
Ampumaurheilu	14	3,8	?

MUSIIKKIMELULLE ALTISTUMISEN VAIKUTUS KUULOON

Mikä tahansa riittävän voimakas ja riittävän pitkään kuulijaa altistava ääni aiheuttaa kuulon väsymisen eli kuulon tilapäisen eli ohimenevän heikkenemisen ja ääritapauksissa myös kuulon pysyvän alentumisen. Tilapäinen alenema palautuu ennalleen – tai lähes ennalleen – annettaessa kuulon levätä riittävän pitkään riittävän hiljaisessa*

* Yleensä katsotaan, että TTS:n (normaali) palautuminen edellyttää, että melutaso on palautumisen aikana alle 70...78 dB(A).

ympäristössä. Ohimenevän ja pysyvän kuulon aleneman lisäksi melualtistus voi aiheuttaa pysyvän tai ohimenevän tinnituksen eli korvien soimisen tai suhinan.

Kuulokyvyn ohimenevästä heikkenemisestä käytetään usein englanninkielistä lyhennettä TTS (Temporary Threshold Shift) ja pysyvästä alenemisesta lyhennettä PTS (Permanent Threshold Shift). Kun halutaan painottaa, että pysyvä kuulon alenema on melun aiheuttama, käytetään lyhennettä NIPTS (Noise Induced Permanent Threshold Shift) tai NIHL (Noise Induced Hearing Loss).

Kirjallisuudessa esitetyt tilapäiseen ja pysyvään kuulon alenemaan johtavan melutason/altistuksen raja-arvot vaihtelevat muun muassa sen mukaan, mitä altistavan melun ja/tai altistuksen mittaa käytetään, millaisen kuulon aleneman – tai alenemariskin – melun sallitaan tuottavan ja kuinka suurelle osalle altistettuja tämä alenema sallitaan, ennenkuin kuulokyvyn katsotaan alentuneen (melualtistuksen vuoksi). Esimerkiksi 1960- ja 1970-luvuilla julkaistuissa työperäisen melun riskinarvioinneissa lähtökohtana on todennäköisyys saada yli 25 dB tai 20 dB keskimääräinen kuulon alenema 0,5, 1 ja 2 kHz taajuuksilla. 1990-luvulla on julkaistu arviointeja, joissa keskimääräinen kuulon alenema on määritelty taajuuksilla 1, 2 ja 3 kHz tai 1, 2, 3 ja 4 kHz.^{124, 125}

Eläinkokeiden perusteella on melko yleisesti katsottu, että 130...140 dB ylittävän melun aiheuttaman kuulovaurion syynä on sisäkorvan välittömät mekaaniset vauriot ja, että 110...120 dB altistavan vaikutukset välittyvät korvan aineenvaihdunnan tai toimintatilojen välityksellä.^{51, 52, 53, 54} Suurilla, yli 130 dB-tasolla melun voimakkuus näyttäisi olevan merkittävin kuulovaurioon ja alenemaan vaikuttava tekijä. Alle 120 dB-tasolla altistusaika ja altistuksen toistuvuus näyttelevät sitä suurempaa roolia, mitä alhaisempi on altistava taso.

MELUALTISTUKSEN AIHEUTTAMA TILAPÄINEN KUULON ALENEMA, TTS

Melualtistuksen ja tilapäisen kuulon aleneman välisiä riippuvuuksia alettiin tutkia intensiivisesti 1960-luvulla.* Pääkohteena oli työperäisen melun aiheuttama kuulon alentuminen. Tutkimusinto

* Monissa maissa, USA etunenässä, uudistettiin työsuojelusäädöksiä ja tehostettiin työsuojelun valvontaa 1960-luvulla ja 1970-luvun alkupuolella. Tämä kasvatti tiedon tarvetta, ja motivoi tutkimusrahoituksen lisäämiseen.

laantui 1980-luvulla.* 1970-luvulla päädyttiin melko suoraviivaiseen TTS:n riippuvuuteen meluannoksesta ja PTS:n riippuvuuteen ATS_2 :sta eli siitä asymptoottisesta kuulon aleneman vakiotasosta, jota TTS lähenee, kun yhtäjaksoinen vaikutusaika kasvaa riittävän pitkäksi. Yleisesti oletettiin, että kaikki melut ja altistukset, jotka tuottivat saman TTS_2 :n olisivat yhtä vaarallisia kuulolle.¹²¹

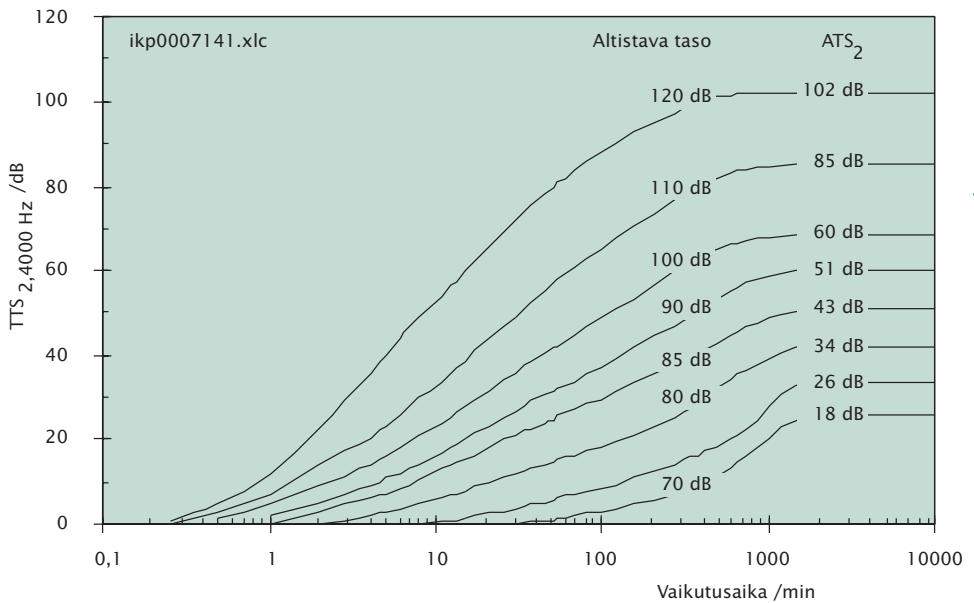
1990-luvun tutkimus on muuttanut suuresti käsityksiä melun ja kuulon aleneman välisistä riippuvuuksista.^{esim. 82} Vaikka käsitykset ovat muuttuneet, niin 1970-luvun opit antavat hyvän viitekehyksen moniin melualtistuksen ja TTS:n välisiin yhteyksiin. Suurin osa näistä yhteyksistä perustui eläinkokeisiin. Sovellettaessa näitä tietoja musiikkimeluun, on syytä pitää mielessä se, että 1970-luvun tutkimukset koskivat pääsääntöisesti pitkäaikaisen, päiviä ja viikkoja vakiona pysyvän tai toistuvan melun vaikutuksia. Musiikkimelualtistukset koostuvat tyypillisesti enintään 1...3 tunnin pituisista jaksoista, joiden välissä on pitkiä, useimmiten päiviä, jopa viikkoja kestäviä taukoja, joiden aikana melutaso alittaa ns. *efektiivisen hiljaisuuden*[†] tason. Efektiivisen hiljaisuuden taso on noin 77 – 78 dB(A).⁵⁵

Tietyn melualtistuksen aiheuttaman tilapäisen kuulon aleneman suuruus ilmoitetaan yleensä alenemana, joka on mitattu kaksi minuuttia altistuksen loppumisen jälkeen. Tästä arvosta käytetään lyhennettä TTS_2 . Musiikkimelualtistuksen tuottama suurin TTS on tyypillisesti 3 – 4 kHz alueella, kuten yleensäkin altistavan melun ollessa laajakaistaista ja spektriltään melko tasaista.

Kuvassa 12 on esitetty, miten eri voimakkuuksilla esitetty 2,4 – 4,8 kHz taajuinen kohina kasvattaa hypoteettisesti tilapäistä kuulon alenemaa vaikutusajan funktiona. Kuulon alenema on mitattu 4000 Hz:llä. Käyrät on pyritty laatimaan niin, että arvot pätevät keskimääräisinä arvoina ($TTS_{2, 50\%}$) nuorille, normaalkuuloisille aikuisille henkilöille. TTS kasvaa ensimmäisen 500 minuutin ajan monotoonisesti suhteessa vaikutusajan logaritmiin. Suurin arvo, johon alenema vakiintuu, saavutetaan 8...48 h altistumisen jälkeen.^{56, 138, 59}

* Melko yleisesti ollaan sitä mieltä, että Ronald Reaganin hallinnon USA:ssa toimeen pane-
man työ- ja ympäristönsuojelun jäädytysohjelman vaikutukset ulottuivat myös kansain-
välisen tutkimukseen supistaen ja hidastaen sitäkin merkittävästi. Toisena syynä maini-
taan usein se, että riittävän infrastruktuurin puute esti kunnianhimoisten tavoiteohjelmi-
en läpiviennin, mikä autokatalysoi taantuman työ- ja ympäristönsuojeluun 1980-luvulla.

† Efektiiviseksi hiljaisuudeksi sanotaan sitä äänenvoimakkuutta, jolle altistuminen ei lisää
aikaisemman altistuksen aiheuttamaa tilapäisen kuulon aleneman suuruutta altistuksen
jatkuessa ja, jonka alittuessa TTS alkaa palautua.



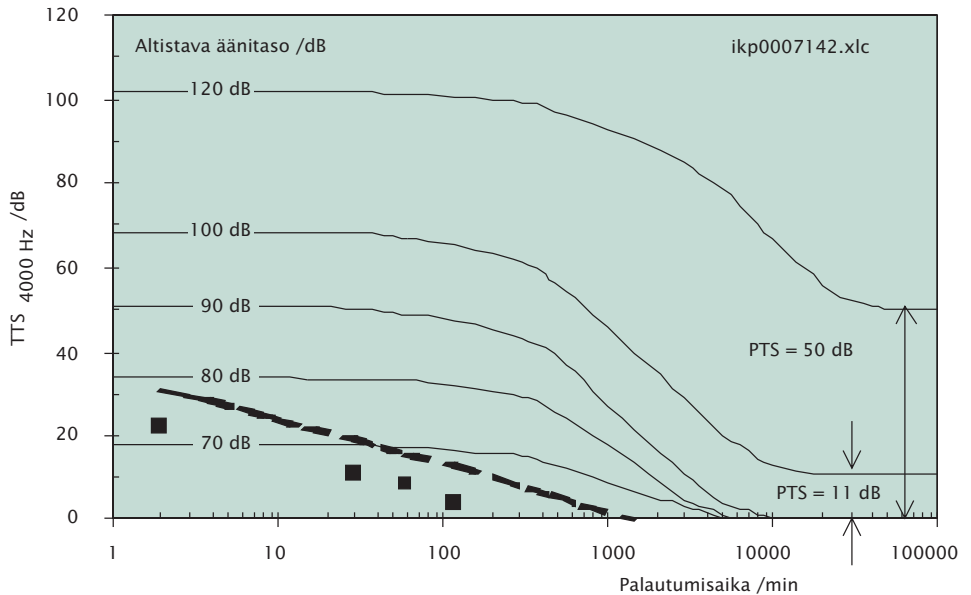
KUVA 12: 2,4 – 4,8 kHz kohinan aiheuttaman tilapäisen kuulon aleneman, $TTS_{2,4000 \text{ Hz}, 50\%}$, hypoteettinen riippuvuus altistavan kohinan tasosta (70 – 120 dB) ja vaikutusajasta.⁵⁶

Kuvan 12 mukaan TTS_2 saavuttaa asympotoottisesti vakiotason (kuvassa 18, 26, ..., 102 dB) noin 1500 minuutin eli yhden vuorokauden yhtäjaksoisen altistuksen jälkeen. Tästä tasosta käytetään lyhennettä ATS_2 (Asymptotic Threshold Sift). Tietyn altistuksen tuottaman ATS_2 :n on todettu pysyvän samana jopa kolme vuotta kestäneiden koetoistojen ajan.^{57, 138}

1970-luvulla – ja senkin jälkeen – oletettiin, että ATS_2 vastaisi kyseessä olevan altistavan melutason aiheuttamaa suurinta mahdollista pysyvää kuulon alenemaa, kun altistus jatkuu hyvin kauan tai toistuu päivittäin (8 h/päivä) vähintään 10 vuotta.^{121, 57} Tällainen ATS_2 :n ja PTS:n yhteys tarkoittaisi mm. sitä, että henkilökohtainen herkkyys TTS:lle ja henkilökohtainen ATS_2 ennustaisi myös henkilökohtaisen PTS:n. Oletus siitä, että pysyvä kuulon alenema voitaisiin ennustaa tilapäisen kuulon aleneman tai ATS_2 :n perusteella on sittemmin osoitettu vääräksi.^{55, 58, 59, 60, 63, 138, 139} Poikkeuksena on se, että ainakin eläinkokeiden mukaan 40...60 dB ylittävä TTS näyttäisi johtavan aina myös jonkinasteiseen kuulosolujen tuhoutumiseen.⁵⁹ Tiedetään myös, että yksilöllinen kuulovaurioherkkyys on ainakin osittain perinnöllistä, so. geneettistä alkuperää.⁶¹

Kuvassa 13 on näytetty, miten kuvassa 2 esitetty kolmen vuorokauden pituisen altistuksen ATS_2 -tasoa vastaava $TTS_{4000 \text{ Hz}}$ palautuu kuulon levätessä altistuksen jälkeen. Kuvassa on lisäksi esitetty katkoviivalla, miten “102 min 95 dB”-altistuksen tuottama TTS_2

palautuu ja mustilla neliöillä “60 min 100 dB(A)”-musiikkimelualtistuksen¹⁴⁷ TTS:n palautuminen.



KUVA 13:

Kolme vuorokautta kestäneen altistuksen tuottaman tilapäisen asymptoottisen kuulon aleneman, ATS_2 :n, hypoteettinen palautuminen hiljaisessa ympäristössä. PTS esittää hypoteettista pysyvää kuulon alenemaa. Katkoviivalla on esitetty, miten “102 min 95 dB”-altistuksen TTS palautuu. Mustat neliöt esittävät “60 min 100 dB”-musiikkimelualtistuksen TTS:n palautumista.⁵⁶

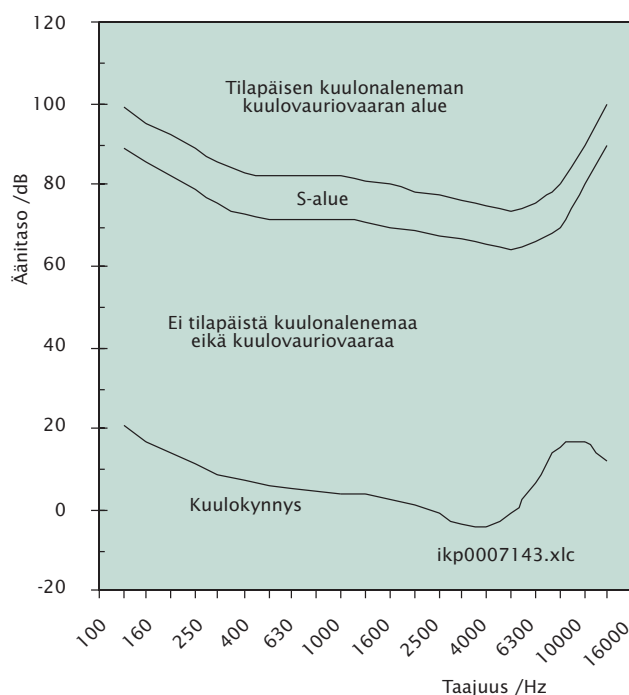
Useimmiten TTS alkaa aleta heti, kun korva pääsee lepäämään, mutta jotkut altistukset tuottavat suurimman TTS:n jopa usean tunnin viiveellä.⁶² Musiikkimelun haitallisuutta arvioitaessa on oleellista muistaa, että kuulon alenema ei riipu suoraan altistavan melun voimakkuudesta. On otettava huomioon myös altistuksen kesto.

Tietyn melualtistuksen eri henkilöillä aiheuttaman pysyvän ja tilapäisen kuulon aleneman suuruus vaihtelee hyvin suuresti.⁶³ Altistus, joka aiheuttaa henkilöllä A 25 dB ohimenevän kuulon heikkene-misen (TTS_2) 4 kHz:llä voi olla aiheuttamatta henkilöllä B minkäänlaista mittavissa olevaa alenemaa. Samaa suuruusluokkaa olevia henkilöiden välisiä herkkyyseroja tavataan myös pitkäaikaisen altistuksen tuottamassa pysyvän kuulon aleneman suuruudessa.^{64, 156, 24}

Tasaisen melun tilapäinen kuulon alenema riippuu jossain määrin altistavan melun taajuudesta ja spektristä.⁶⁵ Kuvassa 14 on esitetty 1982 julkaistut käyrät,⁶⁶ jotka jakavat taajuus-äänitaso-tason kolmeen kuulon aleneman riskialueeseen:

1. alue, jolla olevat äänet eivät aiheuta TTS:ää eikä PTS:ää,
2. siirtymäalue (S-alue), jolla pitkään kestävä altistus voi aiheuttaa lievän, viivästyneen TTS:n ja vähäisen PTS:n ja
3. varsinainen kuulovaurioriskin alue, jolla altistus aiheuttaa tilapäisen kuulon aleneman PTS-riskin riippuessa mm. altistavan melun voimakkuudesta, altistuksen pituudesta ja toistuvuudesta sekä yksilöllisestä herkkyydestä.

Aikaisemmin mainitun efektiivisen hiljaisuuden (ylä)raja – eli raja, jonka alle ympäristöäänien voimakkuuden on jätävä, jotta altistavaa ääntä voitaisiin kutsua efektiiviseksi hiljaisuudeksi – on S-alueella tai sen alarajalla. Kuva 14 ei ylety niin matalille taajuuksille, kuin mitä nykyaikainen rock- ja diskomusiikin kuulovaikutusten arviointi edellyttäisi. Kuva 14 viittaa kuitenkin siihen, että matalataajainen, alle 100...200 Hz, musiikkimelu on paljon vaarattomampaa kuin sitä korkeataajuisempi. Hetu ja Fortin⁶⁷ ovat päätyneet diskomelujen vaarallisuutta tutkiessaan samaan arvioon.



KUVA 14:

Kuulon tilapäisen aleneman ja pysyvän kuulovamman riskialueet taajuuden funktiona. S-alueen alarajakäyrä on pyritty määrittelemään niin, että 95 % altistetuista ei saa mitattavissa olevaa TTS:ää olipa altistusaika kuinka pitkä tahansa.⁶⁶

Musiikkimelu poikkeaa monista teollisuusmeluista siinä, että musiikin voimakkuus ja spektri vaihtelevat suuresti esityksen aikana. Useimmiten musiikissa on myös taukoja, joiden aikana altistava taso on useita kymmeniä desibelejä alaisempi kuin esitysten aikana. Päivittäinen altistus aika on lyhyempi ja perättäisten altistusten väliin jäävä aika pitempi, kuin teollisuudessa on tyypillisistä. Molemmat myös vaihtelevat suuresti viikottain, kuukausittain ja vuositaittain. Altistavien melutasojen ja spektrien vaihtelua ja meluisten jaksojen väliin jääviä taukoja on pidetty syynä sille, että musiikkimelun kuuloa vaurioittava vaikutus on vähäisempi, kuin saman L_{Aeq} -tasaisen tasaisen teollisuusmelun.

Ajoittain keskeytyvän melun on todettu tuottavan jopa vain puolet* siitä TTS:stä ja PTS:stä, jonka yhtä voimakas keskeytymättömästi jatkuva melu tuottaa.^{55, 59, 60} Yhtenä syynä lienee seuraavassa luvussa kuvattu kuuloaistin vaurioitumisherkkyyden alentuminen sen tottuessa riittävän pitkien ja voimakkuudeltaan sopivan tasoisten harjaannuttamisjaksojen aikana meluun.

Jotkut tutkijat ovat esittäneet, että vaihtelevan ja keskeytyvän melun tuottama PTS oli paremmin verrannollinen altistavan melun $L_{A,50\%}$ -tasoon kuin L_{Aeq} -tasoon.⁶⁰

Joissakin kokeissa on todettu saman aikaisesti musiikki- tai muun melualtistuksen kanssa tapahtuvan voimakkaan fyysisen rasituksen lisäävän tilapäistä kuulon alenemaa etenkin 4 ja 6 kHz taajuuksilla.^{68, 69, 70} Esimerkiksi kokeessa, jossa koehenkilöt ($N = 10$) altistettiin 45 min ajan musiikkimelulle, jonka $L_{Aeq,45\text{ min}} = 94\text{ dB(A)}$, $TTS_{2,4\text{ kHz}}$ oli keskimääräin 7 dB suurempi ($15,0 \pm 5,4\text{ dB}$, versus $7,9 \pm 3,4\text{ dB}$) poljettaessa saman aikaisesti ergometrillä (kuormitus n. 50 %:a ko. koehenkilön hapenottokyvystä), kuin kuunneltaessa samaa melua levossa. Pelkkä fyysinen kuormitus $L_{Aeq,45\text{ min}} = 36\text{ dB(A)}$ -melussa tuotti koehenkilöille $2,5 \pm 3,9\text{ dB}$ suuruisen $TTS_{2,4\text{ kHz}}$:n.⁶⁸

TILAPÄINEN KUULON ALENEMA (TTS) HENKILÖILLÄ, JOILLA ON JO PYSYVÄ KUULON ALENEMA (PTS)

Kuten jo Johdanto-luvussa todettiin, osalla musiikkimelulle altistuvalla nuorisolla on jonkinasteinen pysyvä kuulon alenema. Näiden henkilöiden osalta aiheellista kysyä: Vaikuttaako pysyvä kuulon alenema uuden altistuksen aiheuttamaan tilapäiseen kuulon alenemaan ja kuulovaurioriskiin (so. riskiin saada entistä suurempi kuulon vaje)?

* joissain tapauksissa vähemmänkin.

Eläinkokeiden mukaan pysyvä kuulon alenema pienentää tietyn meluallistuksen aiheuttamaa tilapäistä kuulon alenemaa.⁷¹ Pysyvä kuulon alenema epäherkistää korvan sekä TTS:lle että PTS:lle. Myös kuulovaurion riski pienenee. ISO 1999:1990-standardin²⁶ mukaan ikähuonokuuloisuudesta johtuva PTS alkaa pienentää meluhuonoluuloisuuden riskiä, kun molempien summa ylittää 40 dB.

KUULON ALENEMAN PIENENTYMINEN MELUUN TOTTUMISEN SEURAUKSENA

On esitetty, että muusikkojen ja yleisön yllättävän vähäiset kuulovammat verrattuna siihen, mitä vastaavan altistuksen pitäisi aiheuttaa teollisuusmelun kuulovaurioriskien ennusteiden mukaan, johtuivat ainakin osittain meluun tottumisen suojaavasta vaikutuksesta.

Jo 1960-luvulla todettiin eläinkokeissa, että meluun tottunut tai ”oppinut” korva on vähemmän herkkä saamaan kuulon alenemia kuin tottumaton.¹³⁷ Asia unohdettiin parikymmeneksi vuodeksi.^{138, 139, 140} Uusi tutkimus on tuonut lisää tietoa. Suojauksen mekanismina on mainittu muun muassa, että kohtuullisen voimakas, riittävän pitkään kestävä ”harjaannuttamis”-meluallistus (ennen varsinaista ”vaarallista” altistusta)

- *tehostaa välikorvan pienten lihasten (mm. stapediusrefleksin) toiminnan suojaavaa vaikutusta,*^{72, 73}
- *muuttaa karvasolujen rakennetta tehden niistä kestävämpiä meluallistukselle,*⁷⁴
- *lisää antioksidanttientsyymien pitoisuutta kuuloaistinelimen tietyissä soluissa. Suurentunut entsyymipitoisuus tekee soluista kestävämpiä melua vastaan.*^{75, 94, *} *Oksidanttipitoisuuden kasvu puolestaan vähentää kestävyttä.*^{76, 77}
- *tehostaa ns. olivokokleaarisen efferenttisen kuuloaistiradan kuulon herkkyyttä vähentävän takaisinkytkennän[†] suojaava vaikutusta,*^{78, 79, 80, 81, 82}

* kuuloaistin solujen tuhoutumisen syyksi epäillään mm. vapaita radikaaleja, jotka käynnistävät solun automaattisen, ennalta ohjelmoidun tuhoutumisen. Myös voimakas meluallistus voi defrakmentoida (katkoa) karvasolujen DNA:ta, mikä voi käynnistää automaattisen solukuoleman.

† olivokokleaarinen takaisinkytkentä vaikuttaa siihen, miten uloimmat karvasolut vahvistavat Basilarin kalvon liikettä ja taajuudenerottelukykä. KytKentä vaikuttaa myös sisempien karvasolujen toimintaan.

- *muuttaa karvasolujen synaptista toimintaa siten, että solut epäherkistyvät vaurioille.*⁸³

Esimerkiksi tottumisen vaikutuksesta mainitakoon tutkimus, jossa marsujen altistaminen 21 päivän ajan 81 dB(A) äänekselle (1 kHz) alensi sen jälkeen tapahtuneen 105 dB 48 h altistuksen tuottamaa **pysyvää** kuulon alenemaa 20...25 dB:llä verrattuna marsuihin, jotka altistettiin suoraan 48 h 105 dB äänekselle.⁸⁴ Samantapainen tottuminen on todettu myös melualtistuksilla, joissa päivittäisten melujaksojen kesto oli 15 min...18 tuntia, loppuosan vuorokaudesta ollessa hiljaista. Tottumisen suojaava vaikutus alkaa alentua 18 tuntia viimeisen totutusjakson loppumisesta, mutta pitkän totutusjakson suojaava vaikutus saattaa kestää jopa yhden kuukauden.^{85, 86, 87} Tottumisen suojaava vaikutus on todettu eläinkokeissa sekä mittaamalla altistuksen jälkeinen pysyvä kuulon alenema* että vertaamalla tuhoutuneiden karvasolujen määrä altistetuilla ja verrokeilla.^{88, 89}

Tottumisen suojaava vaikutus on todettu myös ihmisillä. Japanilaisessa tutkimuksessa todettiin 10 minuutin altistumisen 105 dB 2 kHz äänekselle aiheuttavan pienemmän TTS:n niillä henkilöillä, jotka olivat koetta ennen kuunnelleet musiikkia 70 dB(A)-tasolla verrattuna niihin, jotka altistettiin ko. melulle ilman musiikin kuuntelua.⁹⁰ Joidenkin muiden tutkimusten tulokset ovat kuitenkin jossain määrin ristiriitaisia tämän kanssa.⁹¹

Eläinkokeissa todetun kuulovauriolta suojaavan ”totuttamismelun” tason on oltava 85 – 100 dB. Mitä alhaisempi taso, sitä kapeammaksi jää se taajuusalue, jolla suojaava vaikutus esiintyy. 100 dB:ä suuremmat tasot aiheuttivat sekä TTS:n että PTS:n kasvua eli harjaannuttamismelun ylittäessä 100 dB suojavaikutus muuttuu vaurioita lisääväksi vaikutukseksi.^{92, 89, †} Totuttamiskoulutuksen suojaava vaikutus saattaa olla erilainen terveelle ja meluvammaiselle korvalle.⁹³

Yleensä on oletettu, että kuulon alenema‡ ja kuulovaurioriski riippuvat altistuksen kokonaisäänienenergiasta (kokonaismeluannoksesta). Oletus ei ota kuitenkaan huomioon edellä mainittua kuulon tottumista meluun eli kuulon aleneman pientymistä (oikealla tavalla tapahtuneen) harjaantumisen seurauksena.

Melulle altistuvien tai altistuneiden solujen tuhoutumista voitaneen tulevaisuudessa vähentää tai estää – mahdollisesti voitaneen

* sen jälkeen, kun TTS on palautunut.

† koska useimpien eläinlajien kuulon ominaisuudet, esimerkiksi kuulokynnys, poikkeavat ihmisen vastaavista, eläinkokeiden tulokset eivät välttämättä päde suoraan ihmisen kuuloon.

‡ sekä TTS että PTS.

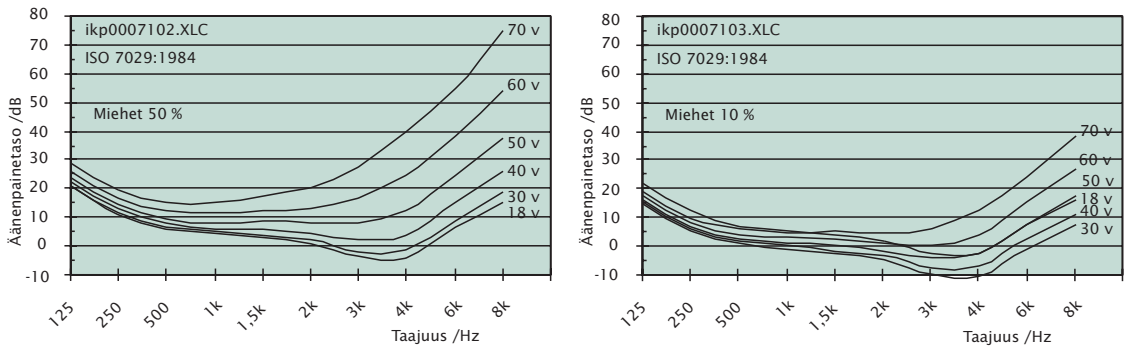
jopa kasvattaa tuhoutuneiden solujen tilalle uusia – sopivalla lääkeyksellä tai terapialla.^{94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104} Veriplasman ja perilymphanesteen magnesiumpitoisuuden noston on todettu pienentävän ainakin eläinkokeissa TTS:ää ja PTS:ää, mutta ihmiskokeissa tästä ei ollut näyttöä.^{105, 106} USA:n merivoimien on raportoitu kokeilleen menestyksellisesti kuulovaurion estämistä altistuksen jälkeisellä antioksidanttilääkityksellä.^{107, 108} Suomessa puolustusvoimat on käyttänyt ylipainehappihoitoa henkilöille, joilla on todettu akuutti laukausäänien aiheuttama kuulon alenema.¹⁰⁸ Hoito aloitetaan mahdollisimman nopeasti vaurion tapahduttua. Tutkimustulokset pelkän happihoidon tehosta ovat ristiriitaisia.

Yhteenvetona voidaan todeta, että nykytiedon mukaan sopivalla tavalla tapahtunut kuuloaistin tottuminen tai kouliintuminen meluun vähentää tyypillisten diskoteekki- ja konserttialtistusten kuulovaurioriskiä ja kuulovaurioita. *Tottumisen suojaavassa vaikutuksessa saattaa olla kuitenkin hyvin suuria yksilöllisiä eroja.*

KUULOVAURIORISKI JA SEN ARVIOINTI

Melun aiheuttamalla kuulovauriolla tarkoitetaan kuulokyvyn pysyvää alenemaa. Kuulon alenema on kuulon huonontuminen verrattuna standardoituun nuoren, hyväkuuloisen henkilön kuulokynnyskäyrään eli kuulokykyyn eri taajuuksilla. Kuulokynnys (kuulokykykäyrä) on käyrä, joka kuvaa henkilön kuulemien (erottamien) hiljaisimpien äänestien voimakkuuden eri taajuuksilla. Mittaus tehdään kuuntelemalla äänet standardoiduista kuulokkeista hiljaisessa ympäristössä (mittaushuoneessa). Kuulokyky voidaan mitata myös ns. puhekuulona, jolloin kuulokyvyn mittana on kyky saada selvää puheesta.

Pysyvät kuulon alenemat jaetaan yleensä kolmeen luokkaan: 1) sairauksien aiheuttamat ja perinnölliset kuulovauriot, 2) työperäisen meluallistuksen aiheuttama pysyvä kuulon alenema ja 3) ikähuonokuuloisuus, mikä sisältää ikääntymisen (engl. presbycusis) ja tavanomaisen yhteiskuntaelämän aikana saadun meluallistuksen (mahdolliset) vaikutukset (engl. socioacusis tai sociocusis). Nykykäsitysten mukaan kuulokyky huononee ikääntyessä silloinkin, kun henkilö ei altistu melulle. Ikähuonokuuloisuuden mekanismeja koskevat mallit ja teoriat perustuvat pääosin eläinkokeisiin.^{109, 110} Ikähuonokuuloisuuden riippuvuutta iästä sekä ikähuonokuuloisuuden ja meluhuonokuuloisuuden keskinäisvaikutusten yhteyksiä on selvitetty suurten ihmisjoukkojen kuulotutkimusten tilastomateriaalin pohjalta.^{24, 26}



KUVA 15A JA B: Ikähuonokuuloisuuden kehittyminen ISO 7029:1984 standardin mukaan miehillä.

Vasen kuva a: Kuulon aleneman mediaanin kehittyminen eli puolelta kussakin ikäluokassa on tätä parempi, puolelle tätä huonompi kuulo. *Oikea kuva b:* Parhaan kuulon omaavan 10 %:n populaation ikähuonokuuloisuuden kehittyminen verrattuna 18-vuotiaiden mediaanikuulon

Kuvissa 15a ja 15b on esitetty ISO 7029:1984 standardin²⁴ mukainen otologisesti terveiden (normaalien) miesten* ikähuonokuuloisuuden kehittyminen. Lähtöarvona (alin käyrä) on ISO 226:1987 standardin¹¹¹ mukainen 18-vuotiaiden otologisesti normaalien (hyväkuuloisten) henkilöiden kuulokynnys† vapaakentässä edestä tulevalle äänelle. Muut käyrät kertovat, miten kuulokynnys muuttuu iän mukana. Kuvassa 15a on esitetty ikähuonokuuloisuuden medianin kehittyminen. Kuvassa 15b on esitetty miten parhaiten kuulevan (vähiten kuulon alenemaa saavan) 10 %:n ikähuonokuuloisuus etenee.

Kuva 15a ja b kertovat mm. sen, että kuulokyky ja ikähuonokuuloisuuden kehittyminen vaihtelevat suuresti. Esimerkiksi 10 %:lla 60-vuotiaita ei-työperäiselle melulle altistuneista on alle 2 kHz taajuuksilla parempi kuulo, kuin 18-vuotiaiden mediaanikuulo on (kuva 15b).

Ikähuonokuuloisuudesta puhuttaessa on syytä mainita kirjallisuudessa usein referoitu Rosenin *et al.*^{112, 113} tutkimus, jonka mukaan meluttomissa oloissa Sudanissa eläneen Mabaan heimon jäsenillä ei tavattu kovin merkittävää kuulon alentumista iän mukana.

* Naisten ikähuonokuuloisuus kehittyy hieman hitaammin kuin miesten. Standardissa on arvot myös naisten ikähuonokuuloisuuden kehittymiselle. Standardissa on annettu yleis-tietokanta (A-tietokanta), mutta koska oletetaan, että ikähuonokuuloisuuden kehittyminen saattaa olla erilaista eri maissa, niin standardi suosittaa kansallisen tietokannan (tietokanta B) laatimista ja käyttöä.

† oletettu, että ISO 226:1987 MAF-käyrä esittää nuorten 18-vuotiaiden hyväkuuloisten henkilöiden kuulokynnyksen mediaania, mitä ISO 7029:1984 olettaa vertailuarvoksi.

Tutkimuksen johtopäätöstä eli sitä, että ikähuonokuuloisuus olisi-kin melusta johtuvaa, on kritisoitu. Esimerkiksi mabaaneiden ajanlaskutapa poikkeaa länsimaisesta kuukausiin ja vuosiin perustuvasta, mistä syystä tutkittujen henkilöiden ikää ei pystytty varmentamaan. Mabaaneilla ei myöskään tavattu verenpaine-, eikä valtimonkovettumatautia. Heidän ruokavalionsa on rasvaton. Kritiikissä on mainittu myös se, että geneettisiä syitä kuulon säilymiseen ei ole poissuljettu. Rosenin tuloksia ei ole pystytty varmentamaan muissa tutkimuksissa.^{114, 156}

Saksalaisessa tutkimuksessa analysoitiin Rosenin datat uudelleen ja verrattiin eri ikäisten Mabaan-heimon jäsenten keskimääräistä kuuloa (4 kHz:llä) samanikäisten saksalaisten orkesterimuusikoiden ($N = 118$) ja lentäjien ($N = 515$) keskimääräiseen kuuloon ja ISO 7029-standardin mediaanikuuloon. Tuloksena oli, että alle 50 vuotiaitten Mabaan-heimon jäsenten kuulo oli jopa 10 dB huonompi kuin edellä mainittujen muiden ryhmien. 60 vuotiaiden vertailussa Mabaan-heimon, orkesterimuusikoiden ja lentäjien kuulossa ei ollut oleellisia eroja, mutta ISO-7029-standardi antoi niitä 7...8 dB huonommat arvot.¹¹⁵ Tämän tutkimuksen mukaan Mabaan-heimon jäsenten kuulo oli 25 vuoden iässä noin 10 dB em. ryhmien kuuloa huonompi, mutta alentui ikäännyttäessä hitaammin, kuin em. muilla ryhmillä.

Kuulovaurioriskillä tarkoitetaan todennäköisyyttä saada tietyn suuruinen (W dB) pysyvä kuulon alenema altistuttaessa tietyn voimakkuiselle melulle X tuntia päivässä Y päivää viikossa Z vuoden ajan. Riskiprosentti ilmoittaa, kuinka monta prosenttia altistetuista (ihmisistä) tulisi saamaan vähintään W dB suuruisen aleneman.

Kuulovaurioriskiä arvioitaessa otetaan huomioon ikähuonokuuloisuus. Esimerkiksi ISO 1999-standardissa²⁶ henkilön kokonaiskuulon alenema, H' [dB] jaetaan kahteen osatekijään, jotka ovat: pysyvä ikähuonokuuloisuus H [dB], ja melun aiheuttamaan pysyvä kuulokyvyn aleneman, N [dB]. Niiden välille on esitetty yksinkertainen yhteys

$$H' = H + N - \frac{HN}{120}$$

Oikean puolen kolmannen termin nimittäjässä oleva 120 voidaan tulkita suurimmaksi mahdolliseksi kuulon alenemaksi.

Termillä $HN/120$ ei ole oleellista merkitystä niin kauan kuin summa $H + N < 40$ dB. Kaava käytettäessä on H ja N määriteltävä samalle väestön osuudelle eli fraktiilille, esimerkiksi mediaanille

($H_{50\%}$, $N_{50\%}$ *) tai sille osuudelle, joka edustaa sitä 10 %:n osuutta väestöstä, jolla on pienin ikähuonokuuloisuus ($H_{10\%}$) ja, joka saa pienimmän kuulon aleneman ($N_{10\%}$) melusta. Arvot, H' , H ja N määritellään taajuuksittain (0,5, 1, 2, 3, 4 ja 6 kHz). Standardissa on esitetty taulukot standardoidulle ikähuonokuuloisuudelle ($H'_{10\%}$, $H'_{50\%}$ ja $H'_{90\%}$) ja kaavat, joilla voidaan laskea arvoja välillä $H'_{5\%} - H'_{95\%}$. Ikähuonokuuloisuus on ISO 7029:1984-standardin²⁴ mukainen. ISO-standardin yksinkertaista oletusta ikä- ja meluhuonokuuloisuuden aditivisuudesta on kritisoitu.^{116, 117, 118, 119}

ISO 1999:1990-standardi on laadittu työperäisen melun aiheuttaman kuulovaurioriskin arviointiin. Edellytyksenä on mm., että ”pahimman päivän” $L_{Aeq,8h}$ -taso ei ole 10 dB(A) vuosikeskiarvoa suurempi ja, että altistuminen ei vaihtelee epäsäännöllisesti eri päivinä.[†]

NIOSH[‡] julkaisi uudistetun työperäisin riskinarviointimenetelmän vuonna 1998.^{125, 124} Sen mukaan 5 – 10 vuotta kestänyt päivittäinen 80 dB(A) melualtistus aiheuttaa 30 vuotiaana 0,2 %:n (95 %:n varmuusväli 0 – 1,1 %) riskin saada yli 25 dB keskimääräinen kuulon alenema 1, 2, 3 ja 4 kHz:llä. Kun altistava päivittäinen taso on 85 dB(A), on riski 1,4 % (95 %:n varmuusväli 0,3 – 3,2 %) ja tason ollessa 90 dB(A) riski on 5,4 % (95 %:n varmuusväli 2,1 – 9,5 %).

Tilapäinen kuulon alenema, TTS, voidaan mitata vertaamalla koehenkilöiden kuulokykyä eri taajuuksilla ennen ja jälkeen melualtistuksen. Musiikkimelun aiheuttaman pysyvän kuulon aleneman, PTS:n, mittausta ei ole näin yksinkertaista. Tutkittavat henkilöt ovat altistuneet monille muillekin meluille, kuin musiikille. Tietyn melun, esimerkiksi musiikin, vaikutus selvitetään tutkimalla musiikille altistuneiden ja musiikille altistumattomien, mutta muuten mahdollisimman samanlaisen ja samalla tavalla melulle altistuneen vertailujoukon kuulokyvyn tilastollisia eroja. Yhtenä vaikeutena on se, että henkilökohtaisia altistuksia ja altistusten koostumuksia ei pystytä arvioimaan tarkasti. Sama koskee kuulon vaurioitumista lisäävien tai vähentävien tekijöiden vaikutusten arviointia.

Kuulon mittauksissa käytetään yleensä ns. äänesaudiometriaa, jossa kuulokyky mitataan vain tietyillä standardoiduilla vakiotaajuuksilla. On todettu, että näiden standarditaajuuksien välillä voi olla taajuusalueita, joilla kuulokyky poikkeaa oleellisesti siitä, mitä sen on standarditaajuuksilla. Esimerkiksi West ja Evans¹²⁰ totesivat,

* ISO 1999:1990-standardissa fraktiilien alaindeksit on esitetty desimaalilukuina, esim. 50 % = 0,5. Esimerkiksi $N_{50\%;30} = N_{0,5;30}$ tarkoittaa sitä pysyvää enimmäis kuulonalenemaa, jonka ko. **päivittäin toistuva** melualtistus tuottaa 50 %:lle altistetuista 30 vuodessa. Puolet saa tätä pienemmän, puolet suuremman aleneman.

† Yleisön konserttimelualtistus ei yleensä täytä tätä ehtoa. Diskoteekeissa ja ravintoloissa saatu altistus täyttäneen ehdon vain niillä, jotka käyvät niissä lähes päivittäin.

‡ National Institute of Occupational Health and Safety, USA:n ”Työterveyslaitos”.

että joillakin henkilöillä musiikkimelun aiheuttamaksi tulkittu kuulon alenema oli standarditaajuuksien välillä merkittävästi suurempi, kuin mitä tavallinen äänesaudiometria paljasti. He ehdottavat, että musiikkimelun aiheuttamia kuulovaurioita tutkittaessa pitäisi käyttää nykyistä tiheämpää taajuusjakoa.

Monissa tutkimuksissa muusikkojen ja yleisön kuulovaurioriski on arvioitu jonkun standardoidun menetelmän, esimerkiksi ISO 1999-standardin²⁶ tai CHABA-1966-menetelmän¹²¹ perusteella. Kuten edellä on todettu, musiikkimelualtistus ei yleensä täytä päivittäisen toistuvuuden ja säännöllisyyden osalta työperäisen melualtistuksen aiheuttaman kuulovaurioriskin arviointistandardien pätevyyden edellytyksiä.

Työperäiselle melualtistukselle laaditut kuulovaurioriskin enustemenetelmät eivät välttämättä ennusta kovin hyvin edes ammattimuusikoiden kuulovaurioriskiä. Useissa tutkimuksissa on todettu, että ammattimuusikkojen kuulovauriot ovat pienempiä, kuin mitä vastaava työperäinen melualtistus aiheuttaisi em. menetelmien mukaan arvioituna.^{122, 123}

KUULOVAURION HAITALLISUUS

Yleisesti katsotaan, että vähäisestä pysyvästä kuulon alenemasta ei ole merkittävää haittaa. Yleensä haitan arviointi perustuu kuulokyvyn keskimääräiseen alenemaan 3 – 4 taajuudella välillä 0,5 kHz – 5 kHz, esimerkiksi taajuuksilla 0,5, 1 ja 2 kHz tai 1, 2, 3 ja 5 kHz. Koska aleneman suuruus on erilainen eri taajuudella, haitan arviointiin käytetty luku (keskiarvo) riippuu siitä, millä taajuuksilla kuulon alenema on arvioitu tai mitattu. Tyypillisesti katsotaan, että alle 20 dB keskimääräisestä pysyvästä kuulon alenemasta taajuuksilla 0,5, 1 ja 2 kHz ei ole henkilölle haittaa jokapäiväisessä elämässä.* Nykyisin haittaa tuottavan kuulon aleneman alarajana käytetään myös taajuuksilla 1, 2, 3 ja 4 kHz mitattua keskimääräistä alenemaa, jolle rajana on 25 dB.^{124, 125} Kuulon alenema korkeilla (yli 3...4 kHz) taajuuksilla katsotaan vähemmän haitalliseksi kuin alenema ns. puhekuulon alueella, joka on noin 150 Hz – 4 kHz.

Työperäisen melualtistuksen aiheuttamille kuuloalenemille on monissa maissa kehitetty ammattitautina korvattavuuden arvioimiseksi haittaluokitus. Suomessa sosiaali- ja terveysministeriö on

* On syytä huomata, että kirjallisuudessa on esitetty ohje- ja tavoitearvoja, joissa kriteerit vaihtelevat. Kriteerinä saattaa olla se, että 50 % altistetuista ei saa 20 dB ylittävää keskimääräistä pysyvää alemmaa tai, että 5 % a altistetuista ei saa tätä suurempaa alenemaa tai, että alenema on em. lukuja alhaisempi. Tiukimmat kriteerit perustuvat 0 %:n riskiin eli että kukaan ei saa minkäänlaista pysyvään kuulon alenemaan.

vahvistanut seuraavan hättaluokituksen. Korvattavaa hättää aiheuttavaksi katsotaan vähintään luokan 2 hättä-aste. Alle 20 dB kuulon alenemat lasketaan luokkaan 1.

Kuulokyky mitataan 500, 1000 ja 2000 Hz ääneksillä. Kuulokyky verrataan standardoituun nuoren henkilön kuulokynnykseen. Alenema ilmoitetaan em. taajuuksilla mitattujen arvojen keskiarvona. Lisäksi tutkitaan puhekuulo ja kuiskauskuulo.* Jos paremman korvan kuulokyky ei ole alentunut 20 dB enempää, hättä-aste 2 edellyttää toisessa korvassa vähintään 60 – 89 dB kuulon aleneman. Silloin kun kuulon alenema (vajausta) on molemmissa korvissa, hättä-luokitus tehdään paremman korvan kuulonvajakseen mukaan (Taulukko 13).

TAULUKKO 13: Sosiaali- ja terveysministeriön vahvistama ammattitaudiksi todetun kuulon aleneman hättä-asteen luokitus paremman korvan kuulonvajakseen suuruuden mukaan.

Kuulon vajausta	Puhekuulo	Kuiskauskuulo	Hättäluokka
20 – 29 dB	yli 4 m	4 – 1 m	2
30 – 39 dB	4 – 2 m	1 – 0,1 m	3
40 – 49 dB	2 – 1 m	0,1 – 0 m	4
50 – 59 dB	1 – 0,5 m	–	5
60 – 69 dB	0,5 – 0,1 m	–	6
70 – 79 dB	0,1 – 0 m	–	7
80 – 89 dB	–	–	8
90 –	–	–	10

Joissakin maissa otetaan ikähuonokuuloisuus huomioon ammattitautikorvausta määritettäessä. Esimerkiksi ikähuonokuuloisuuden osuudeksi voidaan laskea 0,5 dB vuodessa henkilön täytettyä 30 vuotta. Tätä aleneman osuutta ei korvata ammattitautina.

**MUUSIKKOJEN JA TEKNISEN
HENKILÖKUNNAN KUULOVAURIORISKI**

Suurin osa musiikkimelun kuulovaurioriskejä koskevista tutkimuksista on kohdistunut artistien, soittajien ja laulajien, sekä teknisen henkilökunnan[†] kuulovaurioriskien tutkimiseen.^{126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134} Musiikot alistuvat yleisöä enemmän musiikkimelulle,

* Puhekuulo on se etäisyys metreinä, jolla jolta henkilö saa selvän hiljaisissa oloissa normaalilla voimakkuudella puhutun puheen. Kuiskauskuulo on vastaavasti se etäisyys, jolla henkilö saa selvän kuiskauksesta.

† Miksaajat, ääni-insinöörit, “roudarit” eli tekniset avustajat ja “tiskijukat” eli diskoteekeissa ohjelmanvetäjinä ja äänitteiden soittajina toimivat henkilöt.

mistä syystä on oletettu, että altistuksen ja kuulovammojen välisen yhteyksien pitäisi näkyä selvemmin muusikoiden kuulossa kuin yleisön kuulossa.

Muusikkojen pysyviä kuulonalenemia koskevat tutkimustulokset ovat ristiriitaisia, etenkin jos niitä verrataan ISO 1999:1990 standardin kuulovaurioennusteisiin. Yleinen tulos on se, että muusikkojen ja teknisen henkilökunnan pysyvä kuulon alentuminen on merkittävästi vähäisempää kuin, mitä vastaava teollisuusmelulle altistuminen aiheuttaisi. Esimerkiksi USA:ssa tutkittiin 400 muusikon ja kuuntelijan kuulo. Suurimalla osalla oli normaali kuulo. 7 %:lla oli lievästi alentunut kuulo. *Musiikkimelun ja kuulon välisten yhteyksien kannalta merkittävintä oli kuitenkin se, että lähes puolet tutkituista ilmoitti kärsivänsä jonkinasteisesta tinnituksesta.*⁴⁹

Eräässä ruotsalaistutkimuksessa seurattiin 15 vuoden ajan 53 pop-muusikon kuuloa. 41 vuotiaina he olivat soittaneet yli 25 vuotta, mutta keskiarvona mitattuna kaikilla oli normaali kuulo; keskimääräinen PTS ei ylittänyt 20 dB. Joukossa oli kuitenkin muusikkoja, joilla oli kuulonalenemia ja/tai tinnitusta, jotka muusikot itse kokivat musiikkimelun aiheuttamiksi.^{135, 36}

Amerikkalaisessa tutkimuksessa ($N = 42$) todettiin, että vain 5 %:lla rock-muusikoista, jotka olivat soittaneet keskimäärin 2,9 vuotta 11,4 h viikossa 105 dB melussa, oli pysyvä kuulon alenema.³ Vaikka referoitu keskimääräinen altistavan melun voimakkuus on suuri (105 dB(A)), niin saattaa olla, että tässä 1960-luvulla tehdyssä tutkimuksessa altistavat äänitasot olivat nykyistä alhaisempia.

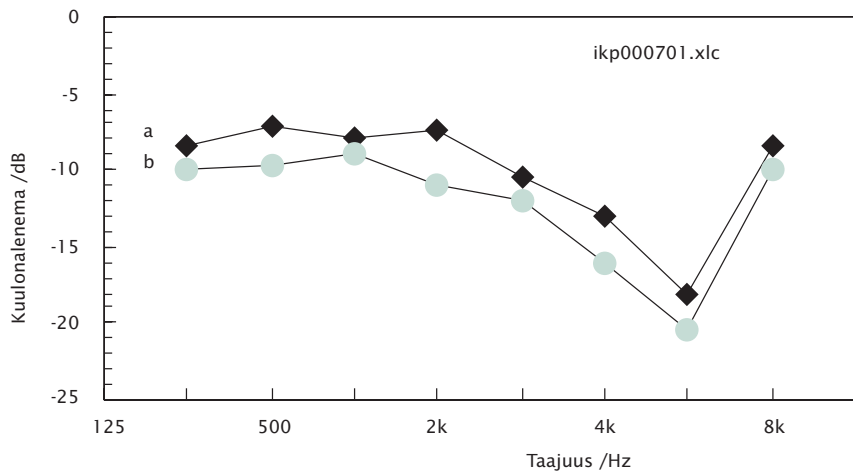
Axelsson^{136,133} referoi useisiin tutkimuksiin, ja päättyy siihen, että 5 – 15 %:lla rock-muusikoista on jonkinasteinen kuulon alenema. Muusikkojen kuulon alenema (kuulokynnys) ei riipu merkittävästi siitä, kuinka pitkään henkilö on soittanut (kuva 16). Taulukossa 14 on esitetty pitkään ja lyhyen aikaa soittaneiden altistusprofiilit ja kuvassa 16 kummankin ryhmän kuulokynnykset.

TAULUKKO 14: Lyhyen (a) ja pitkän (b) aikaa pop-musiikkia soittaneiden muusikoiden ammattiprofiili. Kummankin ryhmän keskimääräinen kuulokynnys on esitetty kuvassa 16.¹³³

Altistusryhmien profiilit	a	b
Koehenkilöitä, kpl	40	43
Ikä, keskiarvo, vuotta	24,4	28,5
Soittanut, keskiarvo, vuotta	5,2	13,2
Soittanut, keskiarvo, h/viikko	19,5	17,5
Soittanut, keskiarvo, h/kerta	3,2	3,0

Pitkään soittaneilla oli yleistä se, että kuulokyky on heikentynyt kaikilla taajuuksilla, mutta lyhyen aikaa soittaneissa oli henkilöitä, joiden kuulon alenema oli painottunut korkeille taajuuksille. Soolo- ja bassokitaristien ja rumpaleiden kuulot eivät eronneet merkittävästi.¹³³

Axelssonin ja Lindgrenin muusikoille ja yleisölle tekemien TTS-mittausten mukaan muusikot ovat vähemmän herkkiä tilapäiselle kuulon alenemalle kuin yleisö.²⁵ Tulos voidaan tulkita siten, että tottuminen (tai muu saman tapainen syy) musiikkimeluun vähentää herkkyyttä TTS:lle. Kuten jo aikaisemmin on todettu, useissa tutkimuksissa on todettu tottumisen (harjaantumisen) alentavan meluallistuksen aiheuttamaa kuulon alenemaa, sekä TTS:ää että PTS:ää.^{137, 138, 139, 140}



KUVA 16:

Lyhyen (a) ja pitkään (b) soittaneiden muusikkoryhmien kuulokynnykset verrattuna standardoituun hyväkuuloisen nuoren kuuloon.¹³³

Eräässä amerikkalaisessa kartoituksessa¹⁴¹ haastateltiin seitsemää äänitysstudioissa työskentelevää henkilöä. Altistavat työpäivän L_{Aeq} -tasot olivat 71 – 91 dB(A). Kaksi ilmoitti korviensa soivan työpäivien päättyessä.

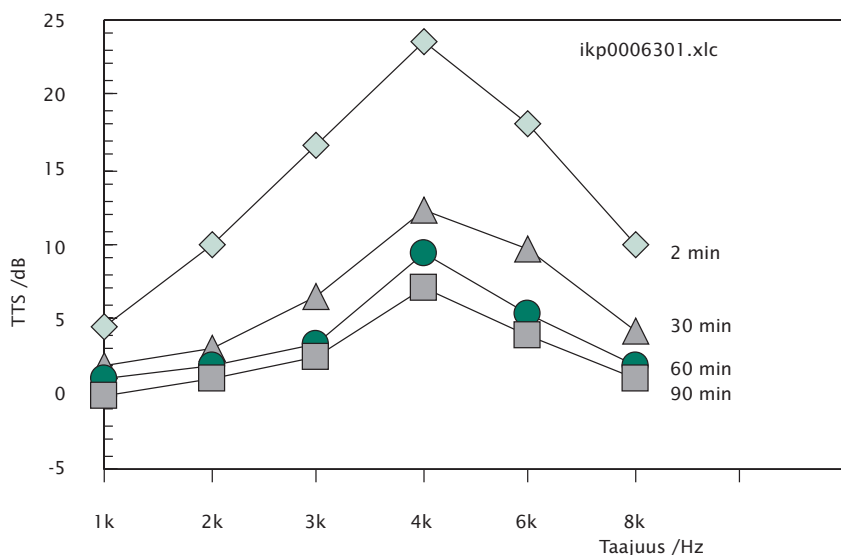
Tutkimustulosten valossa näyttää siltä, että pop- ja rock-musiikoiden kuulovaurioriski riippuu paljon enemmän henkilökohtaisesta herkkyydestä kuin altistusajasta.

Vertailun vuoksi mainittakoon, että amerikkalaistutkimuksen mukaan sinfoniaorkestereiden soittajien meluallistus, L_{Aeq} , oli 2...3 tuntia kestävien esiintymisten ja harjoitusten aikana 79 – 99 dB(A). Viikottain tällaista altistusta kertyy 15 – 25 tuntia. $L_{A,peak}$ -taso vaihteli 112 – 144 dB(A) ja L_{AFmax} 96 – 116 dB(A). Tutkittujen 59 muusikon kuulo oli hieman parempi kuin vastaavan ikäisen väestön keskimää-

räinen kuulo, mutta hieman huonompi kuin ISO 7029:1982 standardin mukainen työperäiselle melulle altistumattoman väestön 50 %:n fraktiilin kuulo. Noin puolella muusikoista kuulokäyrissä näkyi kuitenkin melualtistuksen aiheuttamaksi luokiteltu kuulon alenema.¹³⁴

YLEISÖN KUULOVAURIORISKI MUSIIKKITILAISUUKSISSA

Yleisön kuulovauriota on tutkittu paljon vähemmän kuin muusikoiden. Tutkimustulokset ovat hyvin ristiriitaisia. Suurin osa tutkimuksista on päätnyt siihen, että disko- ja konserttimusiikille altistuneiden ja altistumattomien kuulossa (pysyvä kuulon alenema) ei ole oleellisia eroja.^{36, 142, 143, 49, 120} Osa taas on päätnyt siihen, että musiikille altistuneiden kuulo on jonkin verran* huonompi kuin altistumattomien kuulo ja altistetuilla esiintyy merkittävästi enemmän kuulon alenemia kuin altistumattomilla.¹⁴⁴ Norjassa tehdyissä aloidkaiden tulotarkastuksissa on todettu yllättävän paljon huonokuuloisuutta, jonka pääsyyinä tutkija pitää musiikkimelualtistusta.¹⁴⁵ Kuulovaurioisten aloidkaiden määrä oli suurimmillaan 1980-luvulla noin 30 %. Viime vuosina määrä on ollut noin 15 %. Alenemisen syyksi tutkija olettaa sen, että valistus on vähentänyt musiikkimelulle altistumista. Esimerkiksi korvalappustereoita oletetaan kuunneltavan nykyisin alhaisemmillä äänen voimakkuuksilla ja/tai vähemmän kuin aikaisemmin.¹³



KUVA 17: Koehenkilöiden keskimääräisen TTS:n palautuminen. 0-taso vastaa kuulokykyä ennen altistusta.¹⁴⁷

* Taajuudesta riippuen 1 – 4dB eroja altistuneiden ja ei-altistuneiden ryhmien keskiarvojen välillä.

Kirjallisuudessa tunnetaan yksittäisiä tapauksia, joissa yhden konsertin on katsottu aiheuttaneen pysyvän kuulon aleneman tai tinnituksen.¹⁴⁶

Disko-, konsertti- ja ravintolamelun vaikutusten arviointia vaikeuttaa se, että osa yleisöstä harrastaa kovaäänisen musiikin kuuntelua myös kotioloissa ja korvalappustereoista.

Jäljempänä on referoitu yksityiskohtaisemmin joitakin tutkimuksia yleiskäsityksen antamiseksi lukijalle. Nykytiedon valossa niitä tutkimuksia, joiden PTS-kriteeri perustuu tilapäiseen (ohimenevään) kuulon alenemaan, tai työperäiselle melulle kehitettyihin riskikriteereihin ei voida pitää ennustearvoltaan kovin luotettavina.

Rintelmann *et al.*¹⁴⁷ tutkivat 1970-luvun alussa rock-and-roll-musiikin kuuntelun aiheuttamaa *ohimenevää kuulon alenemaa*. Tutkimuksessa käytettiin kahta erilaista altistustapaa: a) 60 minuutin altistus jatkuvalle nauhoitetulle musiikille, jonka keskimääräinen taso oli 100 dB(A), b) 80 minuutin altistus samalle musiikille, johon kuitenkin oli lisätty yhden minuutin pituisia taukoja (noin 80 dB(A)) kolmen minuutin pituisten musiikkiaänitysten väliin. Koehenkilöiden ($N = 20$) keskimääräinen TTS_2^* oli jatkuvalle musiikille noin 16 dB ja taukoja sisältävälle noin 12 dB. Suurin alenema mitattiin 4 kHz taajuudella. Kuulon palautui molemmilla altistuksilla 90 minuutissa keskimääräiseen 3...4 dB tasoon (alenema verrattuna koetta ennen mitattuun arvoon). Kuvassa 17 on esitetty koehenkilöiden TTS:n keskimääräinen palautuminen eri taajuuksilla. Sekä TTS:n että sen palautumisen yksilölliset vaihtelut olivat melko suuria. Rintelmannin mukaan yli 50 % koehenkilöistä sai tässä kokeessa turvalliseksi (riskittömäksi) katsottua suuremman tilapäisen kuulon aleneman, jos kriteerinä on *päivittäinen pitkäaikainen altistuminen* ko. melulle.

Axelsson ja Lindgren²⁵ tutkivat 1970-luvulla, miten muusikkojen ja yleisön TTS:n suuruus[†] riippuu altistuksen L_{Aeq} -tasosta ja kestosta. Muusikkojen ($N = 6$) "115 – 105 min 105 dB(A)"-altistus tuotti 11 – 22 dB TTS_2 :n ja yleisön ($N = 4$) "148 – 180 min 105 dB(A)"-altistus samaa suuruusluokkaa olevan TTS:n, mitattuna 12 – 24 minuuttia altistuksen jälkeen. He päätyivät mittauksissaan siihen, että kahden tunnin altistuksessa havaittavissa olevan TTS:n (keskiarvo 1 – 8 kHz) synty edellyttää muusikoiden altistuvan vähintään 96 dB(A)-tasoiselle ja kuulijoiden vähintään 90 dB(A)-tasoiselle melulle. Tämän tutkimuksen mukaan yleisö olisi hieman herkempi saamaan tilapäisen kuulon aleneman kuin muusikot.

* TTS_2 on kahden minuutin kuluttua altistuksen loppumisesta mitattu tilapäinen kuulon alenema, tässä keskiarvona kaikille koehenkiöille 1, 2, 3, 4, 6 ja 8 kHz taajuuksilla.

† TTS on tässä tutkimuksessa laskettu keskimääräisenä alenemana 1 – 8 kHz-taajuuksilla ja molemmille korville.

Tutkijat päätyivät arvioinneissaan siihen, että 2 – 4 h kestävien musiikkiesitysten L_{Aeq} -tason ei tulisi ylittää 100 dB(A), jos yleisön kuulovaurioriski halutaan pitää pienenä. Kuulovaurioriskin kriteerinä he käyttivät amerikkalaista CHABA-suositusta¹²¹: TTS₂ ei saisi ylittää 1 KHz:llä ja sitä alhaisemmilla taajuuksilla 10 dB, 2 kHz:llä 15 dB ja 3 kHz ja sitä suuremmilla taajuuksilla 20 dB. *Vuonna 2000 julkaistussa artikkelissa Axelsson on mukana toteamassa, että ei ole voitu osoittaa, että pop- ja rock-konserttien musiikki aiheuttaisi yleisön kuulovaurioriskin kasvua.*³⁶

Fearnin vuonna 1976 julkaistussa vertailussa kuukausittaisten altistuskertojen ei todettu vaikuttavan tilastollisesti merkittävästi pysyvän kuulon aleneman suuruuteen ($N = 127$, ikä 18 – 25 vuotta, altistuskerrat 1 – 8 kuukausittain).¹⁴⁸ Vuonna 1987 julkaistussa vertailussa Panter toteaa diskomelulla altistuskertojen vaikuttavan jossain määrin 8 kHz taajuudella ja konserttimelulla 6 kHz taajuudella, mutta ei muilla taajuuksilla.¹⁴⁹

Ranskalaisessa tutkimuksessa¹⁴⁴ ($N = 1364$) todettiin, että diskoteekkimelulle korkeintaan kerran kuussa altistuneiden kuulo ei eronnut tilastollisesti merkittävästi verrokkiryhmän kuulosta. Enemmän kuin kerran kuussa konserteissa käyvän ryhmän kuulo oli kuitenkin huonompi ja kuulon alenemia enemmän kuin verrokkiryhmällä. Erot olivat tilastollisesti merkittäviä. Kuulovaurioiden ennalta ehkäisemiseksi tutkimus päättyy suosittelemaan pop-musiikkikonserteissa melurajaksi $L_{Aeq} \leq 103$ dB(A) ja esitti lisäksi tarkkailtavan, että korkeataajuisen melun osuus ei nouse liian suureksi. Diskoteekeille suositeltiin tutkimuksen tuloksena melurajaksi tanssilattialla $L_{Aeq} \leq 100$ dB(A) ja muualla yleisötiloissa $L_{Aeq} \leq 85 - 90$ dB(A).

Saksalaiset tutkijat, Ising *et al.*¹⁵⁰, suosittelevat nuorison altistusta koskevien tutkimusten perusteella ($N = 569$, ikä 10 – 19 vuotta) diskoteekeille melurajaksi $L_{Aeq} \leq 95$ dB(A), kriteerin ollessa se, että korkeintaan 1 % nuorista altistetuista saisi 10 dB suuremman pysyvän kuulon aleneman. Kuulovaurioriskin arviointi perustui ISO 1999:1990-standardiin. He päätyivät siihen, että nykyiset diskoteekkien melualtistukset (95 – 105 dB(A)) tulevat aiheuttamaan ISO 1999-standardin mukaan 10...20 %:lle altistetuista vähintään 10 dB pysyvän kuulon aleneman viidessä vuodessa.*

Toisessa saksalaistutkimuksessa³¹ on esitetty yhteenveto 11 musiikkimelun ja pysyvän kuulon aleneman välisiä riippuvuuksia käsittelevästä tutkimuksesta. Verrokkitutkimuksissa todetut musiikkimelun aiheuttamat pysyvät kuulon alenemat ovat olleet 3 – 6

* Arvioissa on otettu huomioon korvalappustereoiden käyttö. Isingin tutkimuksissaan käyttämiä nuorison kuulon mittausten menetelmiä on kritisoitu. ks. esim. Inter-Noise 2000 Proc., s. 823 – 828.

kHz taajuualueella 0 – 9 dB. Yhdessä referoiduista tutkimuksista on arvioitu, että riski saada yli 20 dB pysyvä kuulon aleneman musiikkimelusta (diskoteekit ja korvalappustereot) on 1 – 3 % (95 %:n varmuusväli).

Ulrich *et al.*¹⁵¹ tutkivat 1970-luvulla rock-musiikkitilaisuuksien yleisön kuulon alenemia. Altistava melutaso oli 110 – 115 dB. Kaikilla altistetuilla todettiin tilapäinen kuulon alenema toistuvien esitysten jälkeen. Kaikkien muiden paitsi yhden henkilön kuulo palautui ennalleen viiden kuukauden seurantajakson aikana.

Australialaisessa tutkimuksessa¹⁵² mitattiin 231 yliopiston opiskelijan (keski-ikä 18,7 vuotta), 193 toimistotyöntekijän (keski-ikä 18,1 vuotta) ja 520 oppisopimusoppilaan (apprentice, keski-ikä 17,7 vuotta) kuulo ja jaettiin henkilöt eri ryhmiin musiikin kuuntelutottumusten perusteella. Tutkimus antoi perin vähän tukea sille käsitykselle, että alle 21 vuotiaiden kuulo olisi huonontunut voimakkaalle musiikkimelulle altistumisen vuoksi.

Toisessa australialaisessa tutkimuksessa¹⁵³ tutkittiin 23 koululaisen (ikä 12 – 16 vuotta) ja kolmen diskotyöntekijän kuulon muutoksia heidän altistuessaan yhden tilaisuuden ajan 94...99 dB(A) diskomelulle (mitattu annosmittarilla). Musiikin aiheuttama keskimääräinen TTS (2, 4 ja 6 kHz keskiarvo) oli noin 4 dB. Altistettujen TTS palautui ennalleen yhdessä vuorokaudessa. Otoakustisen emission (MPF_b) palautuminen vei pitempään, hieman yli 100 tuntia.

Belgiassa 1990-luvun vaihteessa tehdyssä tutkimuksessa tarkistettiin 3579 koululaisen ja opiskelijan (16 – 22 v.) audiogrammit. Maanantaisin mitatuissa audiogrammeissa oli, oppilaitoksen tyyppistä riippuen, 1 – 4 prosenttiyksikköä enemmän selittämättömiä kuulon alenemia kuin tiistaisin mitatuissa. Samaa suuruusluokkaa oleva ero havaittiin torstaisin ja perjantaisin mitattujen audiogrammien välillä. Tutkijat olettivat eron syynä olevan oppilaiden musiikkimelualtistuksen viikonloppuna ja keskellä viikkoa. Diskoissa vähintään 8 tuntia viikossa viettävien kuulo oli 125, 250, ja 500 Hz:llä keskimäärin 2,4, 3,3 ja 2,5 dB huonompi kuin niillä, jotka kävivät diskoissa tätä vähemmän.³⁵ Tutkimusaineisto viittaa siihen, että musiikkialtistusten aiheuttamat tilapäiset kuulon alenemat ovat niin pieniä, että pysyvän kuulon aleneman riski on olematon.

Japanilaiset¹⁵⁴ tutkivat korvalappustereoiden kuuntelun aiheuttamaa tilapäistä kuulon alenemaa. Kahden tunnin kuuntelu 95 dB(A) tasolla tuotti koehenkilöille ($N = 20$) keskimäärin 17 dB TTS:n ja 100 dB tasolla kuunneltaessa TTS oli noin 25 dB. Kumpaakaan ei voida pitää nykykäsitysten mukaan kuulolle vaarallisen suurena alenemana, jos altistusten välillä on riittävästi palautumisaikaa.

Suomalaisessa 12 – 17 vuotiaille koululaisille tehdyssä kyselytutkimuksessa⁵⁰ ($N = 405$) 70 % vastaajista ilmoitti kokeneensa jos-

kus meluallistuksen jälkeen korvien soimista (tinnitusta) ja 2,5 % ilmoitti korviensa soivan usein meluallistuksen jälkeen. 2,7 % vastaajista arvioi meluallistuksen aiheuttaneen usein tilapäistä kuulon alenemaa. 43 % vastaajista arvioi kuulonsa alentuneen joskus.

Saksan ympäristöviraston yhteenvedojulkaisussa¹⁵⁵ on esitetty seuraavat yhteenvetotaulukot musiikkimelun vaikutuksista kuuloon. *Taulukon 16 suhteellinen riski ilmoittaa montako kertaa enemmän kyseisen suuruisia kuulonalenemia on odotettavissa kyseisille meluille paljon altistuneilla verrattuna vähän altistuneisiin.* Julkaisussa ei kerrota, mikä on kyseisen suuruisen kuulovamman omaavien osuus tai todennäköisyys vähän altistuneessa ryhmässä. Julkaisussa todetaan, että musiikkimelulle altistuneen kuulovaurio-riski on pienempi kuin ISO 1999-standardin mukaan ennustettu riski. Julkaisu päättyy siihen, että keskimääräinen paljon altistuneiden kuulonalenema on taulukoissa ilmoitetuilla taajuuksilla 2 – 5 dB suurempi ja suhteellinen riski saada tämä alenema 1,3 – 3-kertainen verrattuna musiikkimelulle vähän altistuneisiin.

TAULUKKO 15: Saksalaisessa julkaisussa esitetty yhteenvetotaulukko musiikkimeluille altistuneiden keskimääräisistä kuulonalenemista. *N* on tutkittujen määrä.¹⁵⁵

Tutkimus ja julkaisuvuosi	<i>N</i>	Melulähde	Tutkittujen ikä /v	Kuulon mittaus-taajuudet/kHz	Keskimääräinen kuulon alenema /dB
Taylor, 1976	69	HiFi+Disko	Työnalkajat	6	6,3
Fearn, 1981	666	Disko+konsertit	9 – 25	3 – 6	1,5 – 3,3
Carter, 1982	656	Disko+konsertit	16 – 21	6	4,0
Irion, 1983	77	HiFi+disko	Työnalkajat	6	3,0
Carter, 1984	141	Disko+konsertit	16 – 20	–	–
Mori, 1985	175	HiFi+Disko	20 – 29	4; 6	5,0; 9,0
Lindeman, 1987	163	Disko+konsertit	22 – 26	–	–
Babish, 1989	204	Disko+konsertit	13 – 19	4	4,0
Meyer-Bisch, 1996	1364	Disko, konsertit	14 – 40	3 –16	0,5 – 4,0
Rudolf, 1996	227	Musiikin kuunt.	14 – 18	–	–
Hoffman, 1997	424	Disko	19 – 21	6 – 16	0,8 – 1,8

TAULUKKO 16: Saksalaisessa julkaisussa esitetty yhteenvetotaulukko musiikkimeluilte altistuneiden suhteellisesta kuulovaurioriskistä verrattuna melusiikkimelulle vähän altistuneisiin. *N* on tutkittujen määrä.¹⁵⁵

54

Tutkimus ja julkaisuvuosi	<i>N</i>	Melulähde	Tutkittujen ikä /v	Kuulon mittaustaajuudet / kHz	Kuulon alenema / dB	Suhteellinen riski saada ko. alenema
Axelsson, 1981	538	Disko+konsertit	17 – 20	–	>20	–
Fearn, 1981	153	Disko+konsertit	10 – 26	3 – 6	> 5	3,1
Fearn, 1984	173	Disko+konsertit	18 – 25	6	> 10	1,9 – 3,6
Mori, 1985	175	HiFi+Disko	20 – 29	4; 6	> 20	4,7; 1,9
Struwe, 1996	1811	Disko+konsertit	22 – 26	3 – 6	> 20	1,3
Ising, 1998	422	Disko	13 – 19	3 – 6	> 20	1,3
Mercier, 1998	347	Disko+korvalap.	14 – 40	3 – 6	> 20	1,6

MUSIIKKIMELUN VAIKUTUS SIKIÖIDEN JA LASTEN KUULOON SEKÄ SIKIÖIDEN KEHITYKSEEN JA RASKAUTEEN

Melko yleisesti oletetaan, että sikiöt olisivat jossain kehitysvaiheessa hyvin herkkiä melulle tai, että äidin melualtistus voisi vaikuttaa kielteisesti sikiön kehitykseen. Konserteissa ja diskoissa saattaa käydä raskaana olevia naisia, eli on mahdollista, että sikiötä altistuu konsertti- ja diskomelulle. On myös mahdollista, että raskaana olevat naiset altistuvat musiikkimelulle henkilökuntana tai työntekijöinä. Sikiöiden, imeväisikäisten ja pienten lasten musiikkimelualtistuksen merkittävin lähde lienee kuitenkin kotistereot, -radiot ja TV. Aivan pieniä lapsia ei yleensä näy paikoissa, joissa yleisö altistuu pitkiä aikoja (useita tunteja vuorokaudessa) voimakkaalle musiikkimelulle.

Äitiin kohdistuva melualtistus voi vaikuttaa sikiöön kahdella eri mekanismilla: a) sikiön korvan välityksellä kuulemina ääninä ja b) epäsuorasti äidin verenkiertoon ja hormintoimintoihin vaikuttavien melureaktioiden kautta. On esimerkiksi esitetty, että voimakas melualtistus saattaisi lisätä äidin verenpainetta ja supistaa kohtua, jotka pitkään jatkuessaan ja usein toistuessaan saattaisivat olla haitallisia sikiön kehitykselle.¹⁵⁶

Tämän selvityksen yhteydessä löydettiin vain yksi tutkimus musiikkimelun vaikutuksista sikiöihin. Sekin on epidemiloginen työmelualtistustutkimus, jossa musiikkimelun kuuntelutottumus oli yhtenä muuttujana.¹⁷¹ Äidin työmelualtistuksen ja asuinympäristön melualtistuksen vaikutuksista sikiöön sen sijaan löytyy tutki-

muksia. Tutkimuksia löytyy myös äänen vaimentumisesta ilmasta kohtuun, sikiön kuulon kehityksestä sekä sikiön reagoinnista ulkoi-siin ääniärsykyksiin. Viimeksi mainittuja on tutkittu kehitettäessä ulkoiseen ääni- ja värinä-ärsytykseen perustuvia sikiöiden tervey-den diagnostointimenetelmiä^{157, 158, 159} sekä tutkittaessa, miten voimakasta kuuloalueen melua ja värinää aiheuttavat (äidin) tutki-mus- ja hoitomenetelmät¹⁶⁰ vaikuttavat sikiöön.

Tutkimukset *työperäisen* raskaudenaikaisen voimakkaan *melu-altistuksen* vaikutuksista sikiön *kuuloon* ovat ristiriitaisia. Vanhois-sa tutkimuksissa on todettu melun voivan vaikuttaa sikiön kehityk-seen ja syntyneen lapsen kuuloon. Englannissa 1980-luvulla jul-kaistussa tutkimuksessa ($N = 75$) todettiin, että noin puolella teks-tiiliteollisuudessa 95...100 dB L_{Aeq} -tasolle altistuneiden äitien lap-silla oli 2...4 kHz taajuusalueella 20 – 50 dB kuulonalenemia koulu-iässä.¹⁶¹ Kanadalaisessa tutkimuksessa todettiin, että vähintään yhden kuukauden 85...95 dB(A) L_{Aeq} -tasoiselle (melko matalataajui-selle melulle) työmelulle raskausaikana altistuneiden naisten lapsil-la ($N = 131$) oli noin kolmenkertainen riski saada kuulon alenema 4 kHz taajuudella verrattuna tätä vähemmän työssä raskauden ajan altistuneiden naisten kouluikäisten lasten kuuloon. Noin neljäs-osalla tämän altistusryhmän naisten kouluikäisistä lapsista oli vä-hintäin 10 dB kuulon alenema 4 kHz:llä.¹⁶² Molemmat em. tutki-mukset ovat huonosti kontrolloituja.

Joissakin tutkimuksissa on päädytty siihen, että voimakas työpe-räinen melualtistus voi alentaa sikiön syntymäpainoa ja aikaistaa synnytystä.^{163, 174, 164} Joissakin tutkimuksissa vastaavia yhteyksiä ei ole löydetty. Esimerkiksi suomalaisessa tutkimuksessa ($N = 111$) to-dettiin päivittäisen 90 dB(A) $L_{Aeq,8h}$ -tason ylittävän melualtistuksen vaikuttavan syntymäpainoa alentavasti ja raskauden kestoa lyhentä-västi verrattuna enintään 78 dB(A)-tasolle altistuneisiin.¹⁶⁵ Ryhmäs-sä "altistava $L_{Aeq,8h}$ alle 78 dB(A)" ei löytynyt tilastollisesti merkittäviä meluvaikutuksia syntymäpainoon tai raskauden kestoan.¹⁶⁵

Toisessa suomalaistutkimuksessa selvitettiin lyhyen voimak-kaan melualtistuksen (valkoinen kohina, 90 dB(A), 15 min, kuulok-keista äidin korviin) vaikutuksia odottavan äidin ja sikiön elintoi-mintoihin. Altistuksella ei todettu olevan mitään kielteiseksi luetta-via vaikutuksia tai vaaraa sikiölle.¹⁶⁶

Kirjallisuudessa on raportoitu voimakkaan *asuinympäristön* mel-un (useimmissa tutkimuksissa lentomelun) vaikuttavan syntymä-painoa alentavasti ja ennenaikaisia synnytyksiä lisäävästi.^{167, 168, 169, 170} Melko uudessa Taiwanilaisessa tutkimuksessa ($N = 200$), jos-sa äitien raskauden aikainen melualtistus, $L_{Aeq,24h}$ -taso, arvioitiin tai mitattiin annosmittarilla (kolme kertaa raskauden aikana), syn-tymäpainon ja melun välillä ei löydetty mitään yhteyttä. *Myöskään*

yhteyttä voimakkaan musiikin kuunteluhistorian ja syntymäpainon välille ei löydetty. Sen sijaan sosiaaliluokka, tupakointi, alkoholin käyttö, äidin painon nousu raskauden aikana, lapsen sukupuoli ja raskauden kesto korreloivat syntymäpainoon.¹⁷¹

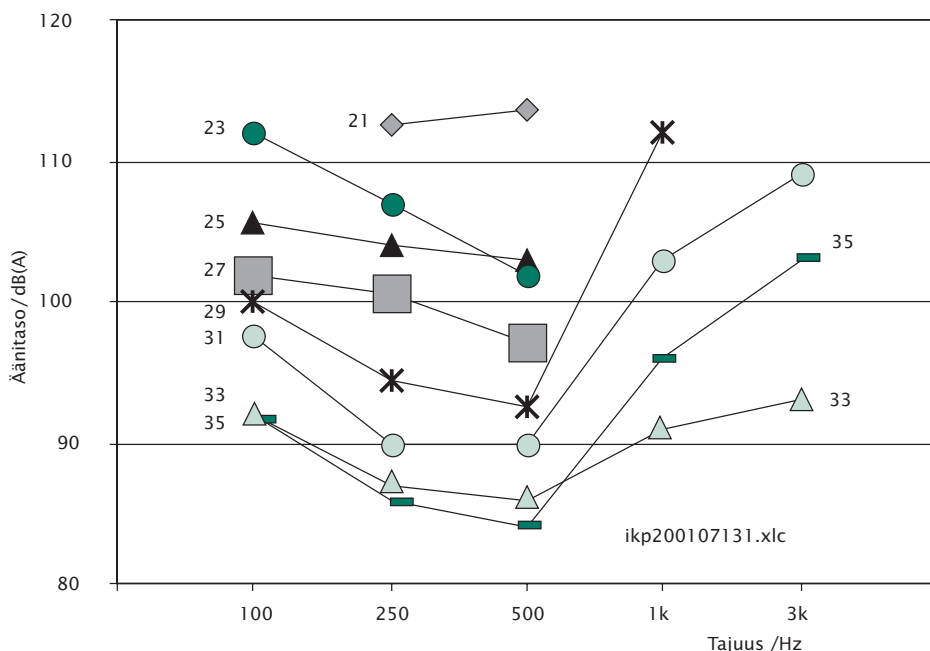
Jotkut tutkijat ja jotkut (keskosten hoito-)ohjeet esittävät, että sikiöiden ja keskoslasten kuulo olisi herkempi kuulovaurioille kuin heitä vanhempien, joiden kuuloaisti ei enää kehity. On myös esitetty, että sikiötä kohdussa altistava matalataajuinen (jopa kaikki alle 1...2 kHz) melu olisi äidin kehon onteloiden tai elinten resonoinnin vahvistusvaikutuksen vuoksi voimakkaampaa kuin äitiin kohdistuva melu.^{172, 191, 173}

Väitteet sikiöiden suuresta kuulovaurioherkyydestä perustuvat pääasiassa eläinkokeisiin^{174, 175, 176, 2} ja oletuksiin. Ihmisillä tehdyt tutkimukset ovat melko rajoittuneita. On esimerkiksi tutkittu, miten nuorten ja aikuisten tilapäinen kuulon alenema eroaa toisistaan.¹⁷⁷ Tulokset sikiöiden kuulovaurioherkkyystutkimuksista ovat ristiriitaisia.¹⁷⁸

Sikiö alkaa reagoida (liikkein) ulkoisille ääniärsykeille noin 19 raskausviikon ikäisenä. Kuulon kehittyminen on esitetty kuvassa 18. Aluksi sikiö reagoi 500 Hz seutuvilla oleviin ääniin. Reagointi leviää aluksi matalien taajuuksien suuntaan (250 ja 100 Hz:lle kuvassa) ja myöhemmin, noin 27 raskausviikon jälkeen, 1000 Hz ja sitä ylempiin taajuuksiin. Samalla kun taajuusalue levenee, sikiön kuuloaistin herkkyys kasvaa.¹⁷⁹ Sikiöaikaisen kuulon kehittymisen katsotaan olevan valmis noin 42 viikon iässä.

Ruotsalaisessa tutkimuksessa,¹⁵⁹ jossa käytettiin ääniärsykeenä sekunnin kestävää 110 dB-tasoista 3 kHz sinipulssia, sikiöt alkoivat reagoida ääneen liikkein ja sydämen sykkinnän muutoksin 22 raskausviikon jälkeen. 110 dB on tutkijoiden arvioima sikiön korvaan kohdistuvan äänipulssin voimakkuus. Sekunnin kestävät 110 dB sinipurskeet katsottiin sikiölle vaarattomiksi.

Äidin kudokset ja sikiövesi vaimentavat sikiötä altistavia korkeataajuisia ääniä enemmän kuin matalataajuisia ääniä. Kirjallisuudessa esitetyt vaimennusarviot vaihtelevat niin paljon, että on syytä epäillä virheitä mittausten menetelmissä. Esimerkiksi Gerhardt ja Abrams¹⁸⁰ esittävät, että 500 Hz taajuuksilla vaimennus on 40...50 dB. Szmeja *et al.*¹⁸¹ esittävät vaimennukseksi 2 kHz 20 dB ja Lalande *et al.*¹⁶² yli 500 Hz-taajuuksilla 15...30 dB ja tätä alemmilla taajuuksilla 10...15 dB. Richards *et al.*¹⁷³ mittasivat vahvistukseksi 125 Hz-terssikaistalla noin 4 dB(A) ja vaimennukseksi 4 kHz kaistalla noin 10 dB. Äidin puheen äänitasoero vatsan ulkopuolella ja kohdussa oli noin 2 dB ja miesäänen noin 3 dB. Näyttää siltä, että vaimennus on alle 0,5...2 kHz taajuuksilla melko vähäistä, yksilöllisen vaihtelun ollessa näilläkin taajuuksilla suurta.



KUVA 18:

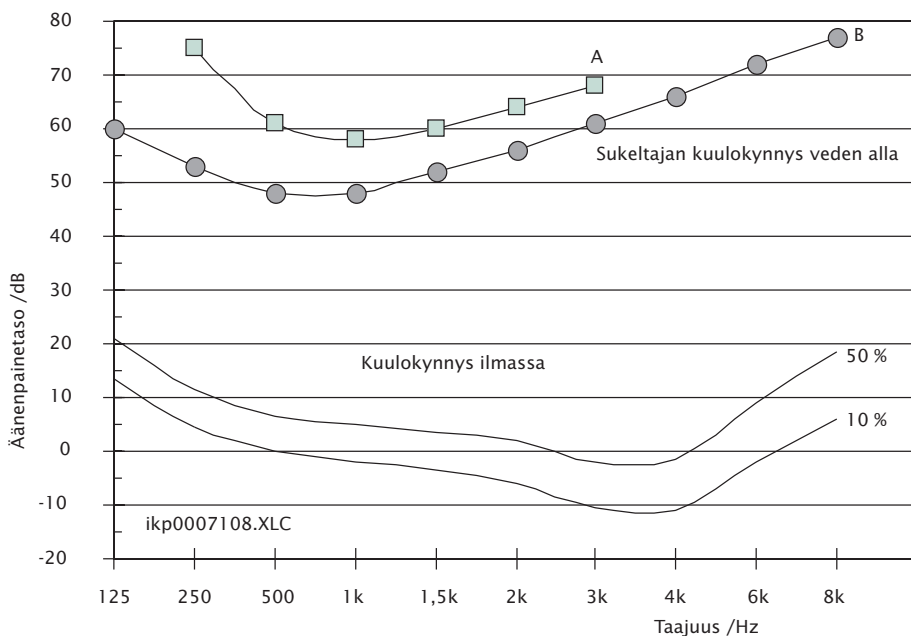
Sikiön kuulon kehittyminen eri taajuuksilla raskausviikkojen 21 – 35 aikana. Äänilähteenä äidin vatsan pinnalla oleva kaiutin. Äänitaso mitattu 1 cm etäisyydellä vatsan pinnasta. Äänitaso on testi-äänneksen *A-painotettu taso*.¹⁷⁹

Dennler *et al.*¹⁸² arvioivat/mittasivat sikiötä altistavan äidin verenkierron ja muun elimistön äänien voimakkuudeksi 60 dB, Campo *et al.*¹⁸³ 72 dB, Smith *et al.*¹⁸⁴ ($N = 9$) 72 – 88 dB(C) ja Benzaquen *et al.*¹⁸⁵ ($N = 10$) 97 dB 12,5 Hz:llä, 59 dB 100 Hz:llä, 48 dB 500 Hz:llä ja 43 dB 1 kHz:llä, Suuret erot johtuvat ainakin osittain mitaustapa- ja laite-eroista. Esimerkiksi lapsivedessä, kohdussa tai hydrofonin (nesteessä toimiva mikrofoni) pinnalla olevat ilmakuplat voivat vaikuttaa mittaustuloksiin.¹⁸⁶ Monissa mittauksissa on käytetty laitteita, jotka eivät täytä äänitasomittareille asetettuja taajuus- ja aikapainotusten tarkkuusvaatimuksia. Mittauslaitteiden taajuusvasteella on suuri merkitys, sillä äidin elimistön aiheuttamat kohdun äänitasot ovat hyvin voimakkaita matalilla, alle 100 Hz, taajuuksilla, mutta hiljaisia korkeilla taajuuksilla.

Äidin oman puheen (20 sanaa) voimakkuus kohdussa oli Richards *et al.*¹⁷³ mittausten ($N = 8$) mukaan keskimäärin noin 77 dB ja vatsan pinnalla (5 cm etäisyydellä ihosta) kohdun kohdalla 72 dB. Nauhalta kaiuttimien kautta toistetun standardoidun miesään vastavat arvot olivat 88 dB ja 86 dB ja naisään 88 dB ja 85 dB. Puheäänien äänenpainetaso oli kohdussa 2...5 dB suurempi kuin ilmassa 5 cm etäisyydellä vatsan ihosta kohdun kohdalla.

Näyttää siltä, että osa äidin äänestä välittyy “sisätietä” elimistön kautta. Julkaisussa ei mainita, mitä taajuus- ja aikapainotusta mitauksissa käytettiin. Tutkijat mittasivat myös kohdun ulkoisen ja sisäisen äänenpainetasen eroja eri taajuuksilla. Erotus kuvaa äänen vaimentumista kudosten läpi lapsiveteen. Erot eri koehenkilöiden ($N = 8$) välillä olivat suuria.

Sikiön korvakäytävän ja sisäkorvan “täyte” on nestettä ja sikiö elää nesteen ympäröimänä. Ei varmasti tiedetä lisääkö vai vähentääkö “nestetie” äänen vaurioittavaa vaikutusta verrattuna normaaliin “ilmatiehen” (so. tapaukseen, jossa ääni etenee ilmassa tärykalvolle ja välikorva on ilmatäytteen). Veden alla mitatuista sukeltajien kuulokynnyksistä* tiedetään kuitenkin, että nesteen täyttämä korva on paljon epäherkempi kuin ilmatäytteen, kuten kuvasta 19 on esitetty.^{187, 188} Korvakäytävä ja välikorva muodostavat sovituselimen (impedanssimuuntimen), joka tarkoituksena on sovittaa mahdollisimman pienin häviöin ilmassa etenevän aaltoliike sisäkorvassa nesteessä eteneväksi. Sovitus toimii hyvin epäherkästi



KUVA 19: Hyväkuuloisimman 10 %:n ja 50 %:n aikuisväestön kuulokynnykset ilmajohtumisella verrattuna sukeltajien kuulokynnykseen veden alla kahden eri tutkimuksen (A ja B) mukaan.^{187, 188}

* Pää suojaamattomana, korvakäytävät avoinna veteen ja ainakin osin vesitäytteiset. Korvakäytävän ilmamäärästä ei ole tietoa. Korvakäytävässä olevalla ilmalla ei pitäisi olla kovin oleellista merkitystä (ilma pienen paineen alaisena, ilmatilan ominaistaajuus on hyvin korkea, kuuloalueen yläpuolella).

pään ollessa vedessä ja korvakäytävän ollessa kokonaan tai osittain veden täyttämä.

Veden alla ääni välittyy sisäkorvaan pääasiassa luujohtumisena. Sukeltajilla ja eläinsikiöillä tehtyjen kokeiden perusteella oletetaan, että myös kohdussa lapsiveden välittämät ääniaallot välittyisivät sikiön sisäkorvaan luujohtumisena.^{189, 190} Jos sikiön sisäkorva on yhtä herkkä ulkokorvaan kohdistuvan nesteen äänenpaineen (ja intensiteetin) tuottamalle meluvauriolle kuin ilmassa oleva korva, niin ääniaallon huono sovittuminen lapsivedestä sisäkorvaan suojaa hyvin tehokkaasti sikiön kuuloa.

Vaikka julkaistuja tutkimuksia äitiin kohdistuneen työperäisen melun vaikutuksista sikiöiden kuuloon on hyvin vähän [esim. Paschier-Vermeer¹⁵⁶ tuntee vain kaksi], tutkijamaailma näyttää olevan melko yksimielinen siitä, että äidin altistuminen päivittäin yli 85...90 dB(A) ($L_{Aeq,8h}$) melulle vaikuttaa kielteisesti sikiön kehitykseen. Varmuuden vuoksi tätä on syytä pitää rajana myös siköiden työperäisin melun kuulovaurioriskeille. Tätä taustaa vasten hyvin voimakkaat, pitkään kestävät ja usein toistuvat musiikkimelualtistukset esimerkiksi orkesterimuusikkona tai tilaisuuksien henkilökuntana, saattaisivat aiheuttaa riskin sikiölle kuulolle tai kehitykselle.

Yksittäisissä konserteista (altistus aika 1...3 tuntia) ei pitäisi olla vaaraa sikiöiden kuulolle, jos äitiä altistava melun L_{AF} -taso ei ylitä 95...100 dB(A). Sikiön muun kehityksen ei pitäisi vaarantua, suuremmistakaan lyhyaikaisista, muutaman kerran raskausaikana sattuvista altistuksista musiikkimelulle.

Sikiöiden kuuloaistin kehittymisen turvaamiseksi on jopa suositeltu, että äidit välttäisivät pitkäaikaista oleskelua ympäristöissä, joissa alle 250 Hz taajuisten äänien taso ylittää 65 dB(A).¹⁹¹ Tämä suositus on hyvin tiukka, kun sitä verrataan sikiöön kohdistuvaan äidin elimistön ja puheäänien voimakkuuteen (60...80 dB).

Keskosten hoitoympäristölle on suositeltu kuuloaistin kehityksen turvaamiseksi ja *unihäiriöiden välttämiseksi* seuraavia raja-arvoja $L_{Aeq,1h} \leq 50$ dB(A), yhden tunnin $L_{AS,10\%} \leq 55$ dB(A) ja $L_{ASmax} \leq 70$ dB(A).¹⁹¹ Keskoshoidon ympäristömelun suositukseksi on esitetty niinkin alhainen taso kuin 45 dB(A).¹⁶⁴ Nämä arvot varmasti riittävät imeväisikäisten kehityksen (levon) turvaamiseen myös kotioiloissa.

Huomattakoon myös, että sikiöaikaisesta musiikin kuulemisesta (kohtuullisella voimakkuudella) katsotaan olevan hyötyä sikiön ja lapsen kehitykselle.^{192, 193}

MUITA MUSIIKKIMELUN HAITALLISIA VAIKUTUKSIA

60

Jo aikaisemmin on viitattu ototoksisiin aineisiin eli aineisiin, jotka lisäävät melun vaikutuksia kuuloon.

Hiirillä tehdyssä eläinkokeessa on saatu viitteitä siitä, että voimakas musiikkimelu (tai melu yleensä) vahvistaisi huumena käytetyn metyyli- eli metamfetamiinin myrkyllistä (huumaava) vaikutusta.¹⁹⁴

MIKSI YLEISÖ SUOSII SUURIA ÄÄNITASOJA KONSERTEISSA?

On usein kysytty, miksi yleisö pitää musiikkiesityksistä, joiden äänitasot ylittävät suuresti ne arvot, joita esimerkiksi teollisuudessa pidettäisiin sietämättömän voimakkaana.

Kysyttäessä konserttiyleisöltä, miksi he kuuntelevat – tai haluavat kuunnella – näin voimakasäänistä musiikkia, vastaukset ovat tyypillisesti: “pitää olla kiihkeää ja tuimaa”, “sellaista sen pitää olla”, “jos musiikki kuulostaa liian kovalta, olet liian vanha” tai “(vain riittävän voimakas) musiikki ottaa mielen kontrolliinsa”.^{122, 36, 3}

Ammattiipiireissä on tunnettua, että rock- ja diskomusiikki ei “toimi”, jos sitä esitetään yleisölle liian hiljaisella voimakkuudella. Dipple¹⁹⁵ esimerkiksi on päätenyt seuraaviin arvioihin: Rock-musiikin esitystason (L_{Aeq}) tulee olla vähintään 96 dB(A) edellyttäen, että musiikissa on tietty vähimmäismäärä matalataajuisia äänienergiaa taajuusalueella 50 – 100 Hz. Esitettävästä musiikista riippuen matalataajuisen energian tulee olla 10 – 30 dB voimakkaampaa kuin keskitaajuisen, jotta musiikki “toimisi”.

Voimakas ääni aiheuttaa muitakin kuin pelkkiä kuuloaistimuksia. Diskoissa ja pop-konserteissa kävijöille on tuttua se, että keho “tärisee” joutuessaan voimakkaan matalataajuisen “jumputus”-musiikin alaiseksi. On oletettu, että tällä tärinällä tai kehon onteloiden ja elinten resonoinnilla – musiikin “hierontavaikutuksella” – olisi jotain tekemistä musiikin miellyttävyyden tai suggeroivuuden kanssa. Viimeaikaisissa tutkimuksissa on saatu vahvistusta tälle oletukselle.

Monissa laboratoriotutkimuksissa on todettu, että voimakkaat yksittäiset äänet ärsyttävät kuuloaistin lisäksi liikeaistin elintä, sakkulusta eli pyöreää rakkulaa* ja kaarikäytäviä. Liikeaistin ärsy-

* sakkulus on pieni pyöreä rakkula, jonka sisällä on otoliiteiksi nimitettyjä pieniä “kiviä”. Sakkuluksesta tuleva liiketieto auttaa pitämään esimerkiksi kävellessä pään ja silmien liikkeen oikeassa synkronissa kehon liikkeisiin. Katse voidaan pitää kohdistettuna tiettyyn pisteeseen, vaikka keho ja pää liikkuvat (eri tavoin).

tys saa aikaan (vale)aistimuksen liikkeestä.^{196, 197, 198, 199} Ilmiön on tunnettu pitkään, mutta vasta 1990-luvun lopussa tutkittiin, missä määrin voimakas “rock and roll”-tyyppinen musiikki ärsyttää akustisesti sakkulusta. Tutkimuksessa todettiin, että 90 dB(AI)-tasoinen 100... 300 Hz taajuusalueella esitetty musiikkiaani voi aiheuttaa myös tätä kautta aivoille meneviä hermoviestejä. Ärsyttävän tason ollessa 105 dB(AI), noin 50 % koehenkilöistä reagoi ääniin myös liikeaistin kautta ja tason ollessa 120 dB(AI), noin 90 % koehenkilöistä koki näitä voimakkaan äänen aiheuttamia ärsykeitä, jotka aistittiin pään (tai kehon) liikkumisena (keinuntana).²⁰⁰ On esitetty, että yleisön kokemaa rock- ja diskomusiikin “toimivuuskynnys” olisi yhteydessä sakkuluksen välittämiin keinuntamaisen liikkeen valeaistimuksiin.

Todd²⁰¹ on esittänyt musiikkiesitysten kinemaattisen teorian: “mitä nopeampi tempo, sitä lujempi ääni; mitä hitaampi tempo, sitä hiljaisempi ääni”. Vaikka teoriaa on analysoitu vain klassiseen musiikkiin, niin teorian oletukset ja päätelmät sopivat myös pop-musiikkiin. Teorian lähtökohtana on musiikin primitiiviset juuret: musiikin oletetaan olleen alun perin sidoksissa yksinkertaisiin motorisiin liikkeisiin. Musiikin tempon sekä dynamiikan esittäminen ja esityksen vastaanotto on perustunut sisäiseen liikkeen tunteeseen. Todd spekuloi, että liikeaisti osallistuu musiikkiin (ja liikkeeseen) liittyvän mielihyvän tuottamiseen ja aistimiseen. Kun seuraa pop-konserttien artistien ja yleisön liikehdintää, niin selitys tuntuu loogiselta. Kovalla äänellä ja kiihkeällä, selvällä rytmillä ohjataan yleisön liikkumista tai liikkeen tunnetta.

Henkilöt, jotka pitävät rockmusiikista näyttävät arvioivan musiikin voimakkuuden jonkin verran hiljaisemmaksi kuin henkilöt, jotka eivät pidä ko. musiikkilajista. Myös ikä vaikuttaa arviointiin. Vanhemmat näyttävät pitävän tietyn tasoista musiikkia voimakkaampana kuin nuoremmat.^{202, 203, 204}

Seuraavien lukujen tiedot perustuvat kirjallisuuteen. Tietojen oikeellisuutta ei ole tarkistettu.

Musiikkimelun ohje- ja raja-arvot voivat koskea yleisöä altistavan melun voimakkuutta, naapurirakennuksiin kohdistuvan ulkomelun voimakkuutta tai naapurissa olevien asuntojen sisämelua.

ALANKOMAA

Alankomaissa ravintoloiden melusta julkaistiin tammikuussa 1993 erityinen säädös (Catering Industry Order). Hiljaisten ravintoloiden, kuten pub-tyyppisten pienten olutpaikkojen, tulee tehdä ilmoitus meluistaan, muiden on haettava toimintalupa, jossa annetaan ehdot musiikin voimakkuudesta. Alankomaissa on arvioitu olevan yhteensä noin 66 000 säädösten alaista ravintolaa. Näistä noin 4000:n on arvioitu tarvitsevan ravintolakohtaiset lupaehdot.

Meluvaatimusten lähtökohtana on, että ravintolan musiikkimelu ei saa aiheuttaa naapureille meluhaittaa. Haittaavaksi katsotaan (selvästi) erottuva musiikkimelu. Naapurissa oleviin asuinrakennuksiin kohdistuvan ulkomeluvaatimuksen lähtökohtana on joko vallitseva taustamelun $L_{A,95\%}$ -taso tai liikennemelun L_{Aeq} -taso vähennettynä 10 dB(A):lla sen mukaan kumpi niistä on alhaisempi. Samassa rakennuksessa oleviin asuinhuoneisiin kuuluvan musiikkimelun ohjearvot ovat $L_{Aeq, 07-19h} \leq 35$ dB(A), $L_{Aeq, 19-23h} \leq 30$ dB(A) ja $L_{Aeq, 23-07h} \leq 25$ dB(A). Asuntoihin kuuluva melu mitataan L_{Aeq} -tasona. Mittaustulokseen lisätään 10 dB(A) ennen vertaamista ohjearvoon tai lupaehdon tasoon.^{205, 206}

Vuonna 1994 ravintolamelua koskevia säädöksiä lievennettiin siten, että erityisistä syistä ravintola saa ylittää ohjearvon tai lupaehdon enintään 12 vuorokautena vuosittain. Paikalliset viranomaiset voivat tiedottaa etukäteen, minä päivinä (esim. vuosittain pidettävien paikallisten jazz-festivaalien aika) vuosittain tätä 12-päivän sääntö ei ole voimassa ja, mitkä päivät ovat "vapaita" 12-päivän säännön käyttöön.²⁰⁵

Edellä mainittu 12 päivän sääntö antaa ravintolalle mahdollisuuden järjestää vuosittain toistuvia, melua tuottavia tilaisuuksia, esimerkiksi konsertteja.

Asuntojen ulkoseinään kohdistuvan vapaa-ajan toimintojen aiheuttaman ulkomelun ohjearvot ovat $L_{Aeq, 07-19h} \leq 50$ dB(A), $L_{Aeq, 19-23h} \leq 45$ dB(A) ja $L_{Aeq, 23-07h} \leq 40$ dB(A). Musiikkimeluun lisätään 10 dB(A) ennen vertaamista ohjearvoon.²⁰⁶

Länsi-Australian työsuojeluhallinto on julkaissut erityisen “musiikki-esitysteollisuuden” meluntorjuntaoppaan, jossa annetaan ohjeita musiikkimelusta ja sen torjunnasta lähinnä työntekijöiden kannalta ja työsuojelusäädösten perusteella. Tavoitteena on 1.9.1999 jälkeen se, että työntekijöiden melualtistus, $L_{Aeq,8h}$, ei ylittäisi 85 dB(A).²⁰⁷

BELGIA

Belgiassa on ollut vuodesta 1977 lähtien lakisääteinen 90 dB(A)-raja-arvo ravintoloissa, diskoteekeissa yms. paikoissa esitetylle sähköisesti vahvistetun musiikin äänitasolle. Tämä slow-aikapainotettu ja A-taajuuspainotettu taso tulee saavuttaa tiloissa, joissa yleisö oleskelee.^{208, 209} Melurajan rikkomuksesta voidaan määrätä enintään 300 000 BF:n sakko. 1990-luvun vaihteessa tehdyssä tutkimuksessa todettiin, että vain yhdessä tutkitusta 23 diskossa ei ylitetty tätä lakisääteistä raja-arvoa.³⁵

Samassa vuoden 1977 laissa säädetään myös naapuriasuntoihin kuuluvan musiikkimelun sallituista tasoista. Vaatimukset ovat²⁰⁹

- jos muun samanaikaisen ympäristömelun $L_{A,95\%}$ -taso on alle 30 dB(A), musiikkimelun tason tulee olla alhaisempi kuin $L_{A,95\%} + 5$ dB(A),
- jos muun saman aikaisen ympäristömelun $L_{A,95\%}$ -taso on 30 – 35 dB(A), musiikkimelun tason tulee olla alle 35 dB(A),
- jos muun samanaikaisen ympäristömelun $L_{A,95\%}$ -taso on yli 35 dB(A), musiikkimelun tason tulee olla tätä tasoa alhaisempi.

Felemishin alueen säädöksiä muutettiin vuonna 1988. Pienissä ravintoloissa on voimassa edellä mainitut raja-arvot. Yli 100 m²:n uusien diskoteekkien on haettava lupa, johon on liitettävä äänitekni-
nen selvitys. Melutasoja koskevat vaatimukset ovat samat kuin teollisuudessa. Vanhoille, ennen vuotta 1988 toimintansa aloittaneilla diskoteekeilla on tapauskohtaiset melutasovaatimukset.

Säädöksiä ei sovelleta festivaaleihin, karnevaaleihin, yleisiin juhliin ja vastaaviin. Paikallinen valvontaviranomainen voi antaa niille tapauskohtaisia melumääräyksiä.

Italian tassipaikkojen ja show-esitystilojen melun ohjearvot perustuvat vuoden 1995 melulakiin. Vakituksia asiakkaita altistavan melun $L_{Aeq,3min}$ -taso ei saa ylittää 95 dB(A) eikä L_{ASmax} -taso 103 dB(A). Italian ympäristönsuojeluviraston tekemissä mittauksissa tutkittiin 13 disko-teenkin melutasoja. Ohjearvot ylittyivät kaikissa mitatuissa paikoissa. $L_{Aeq,3min}$ -taso vaihteli 100 – 117 dB(A) ja L_{ASmax} 106 – 122 dB(A).²¹⁰

Tanssipaikkojen mittauksissa todettiin äänitasojen olevan alkuyöllä (klo 23 – 00) jopa noin 20 dB(A) alhaisempia kuin myöhemmin (klo 1.30 – 4.00).²¹⁰

ITÄVALTA

Itävallassa julkaistiin uudet ulkoilmatilaisuuksien musiikkimelun arviointiohjeet vuonna 1999. Yleisöä altistavan melun L_{Aeq} -tason ohjearvona on enintään 100 dB(A). Jos L_{Aeq} -taso ylittää 93 dB(A), tilaisuuden järjestäjän on annettava yleisön käyttöön veloituksetta kuulonsuojaimia, voiden vaimennuskyky on vähintään 15 dB. L_{Aeq} -tasoon päädyttiin siksi, että sitä käyttäen annettujen ohjearvon katsottiin suojaavan yleisön kuuloa tehokkaammin kuin enimmäistasona annettu arvo.²¹¹

Naapurissa oleviin asuinkiinteistöihin kohdistuvan melun ohjearvot riippuvat vuosittain pidettävien tilaisuuksien määrästä. Kun arkipäivisin enintään klo 22.00 kestäviä tilaisuuksia on vuosittain enintään 30 ja klo 22.00 jälkeen loppuvia tilaisuuksia enintään 10, sovelletaan taulukossa 17 mukaisia ohjearvoja. Viikonloppuisin aikarajana on klo 22.00 asemasta klo 23.00.

TAULUKKO 17: Ulkotilaisuuksista naapuriasuntoihin kohdistuvan musiikkimelun ohjearvot ulkona, kun esitysalue ei ole säännöllisessä käytössä.²¹¹

Tilaisuuden sallittu L_{Aeq} -taso	Tilaisuuksia/vuosi, kun tilaisuus loppuu viimeistään klo 22.00 ⁽¹⁾	Tilaisuuksia/vuosi, kun tilaisuus loppuu klo 22.00 jälkeen ⁽¹⁾
80 dB(A)	1	0
75 dB(A)	3	0
70 dB(A)	10	0
65 dB(A)	30 ⁽²⁾	0
60 dB(A)	–	1
55 dB(A)	–	3
50 dB(A)	–	10

1) Viikonloppuisin aikarajana on klo 23.00

2) Kun tilaisuuksia on vuosittain tätä enemmän, sovelletaan taulukon 18 arvoja

Jos vuosittain järjestettäviä tilaisuuksia on näitä arvoja enemmän, sovelletaan taulukossa 18 mainittuja yleisiä ulkomelujen ohjearvoja.

TAULUKKO 18: Ulkotilaisuuksista naapuriasuntoihin kohdistuvan musiikkimelun ohjearvot ulkona, kun esitysalue on säännöllisessä käytössä.²¹¹

65

Alueen käyttötarkoitus	Ohjearvo, $L_{Aeq,06-22h}$	Ohjearvo, $L_{Aeq,22-06h}$
Hoitolaitos, ympäristönsuojelualue	45 dB(A)	30 dB(A)
Esikaupungin asuntoalue maaseudun vapaa-ajan alue	50 dB(A)	35 dB(A),
Asuntoalue, oppilaitosten alue, maaseudun asunnot	55 dB(A)	40 dB(A)
Kaupunkien yhdinalueet (voi olla asuntojakin)	60 dB(A)	45 dB(A)
Kaupan ja teollisuuden alueet	65 dB(A)	50 dB(A)

Taulukon 18 yöajan ohjearvot ovat sen verran tiukat, että yöaikaisia ulkomusiikkitilaisuuksia ei voi niillä järjestää säännöllisesti (yli 10 kertaa vuodessa).

RANSKA

Musiikkimelua koskevat säädökset astuivat voimaan vuoden 1999 lopussa. Tämä musiikkimelua kokeva kuuden ministeriön yhteistyönä syntynyt asetus perustuu vuoden 1992 yleiseen melulakiin ja vuoden 1994 yleiseen meluasetukseen.²¹²

Yleisöä yökerhoissa, ravintoloissa, karaoke-baareissa ja konserttitalleissa altistavan musiikkimelun ohjearvona on 15 minuutin ajalle liukuvasti keskiarvostettu ekvivalenttitaso, $L_{Aeq,15 min}$, joka ei saisi ylittää 105 dB(A) alueilla, joilla yleisö voi oleskella. Säädös koskee paikkoja, joissa järjestetään yleisöä altistavia musiikkiesityksiä vähintään 12 kertaa vuodessa. Säädös ei koske elokuvateattereita.²¹²

Jos musiikkiesityspaikka on rakennuksessa, jossa on asuntoja, musiikkiesityshuoneen ja asunnon välisen vähimmäisääneneristävyyden (normalisoitu äänitasoero, $D_{n,T}$) tulee olla vähintään

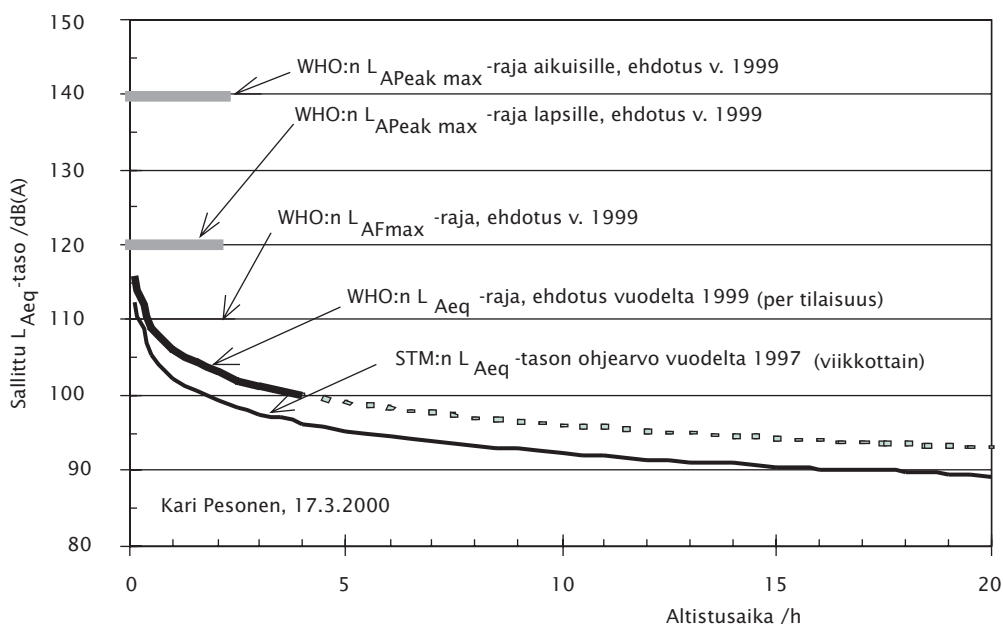
Okt.kaista	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
Ref. emissiotaso	99 dB	99 dB	99 dB	99 dB	99 dB	99 dB
Äänitasoero, min	66 dB	75 dB	82 dB	86 dB	89 dB	91 dB

Jos edellisessä taulukossa esitettyyn eristävyyden ei päästä, ää-
nentoistolaitteisto tulee varustaa voimakkuuden rajoittimella (li-
mitterillä). Limitteri tulee säätää siten, että musiikkiesitysten aikai-
nen asuntojen L_{Aeq} -taso ja oktaavipainetasot $L_{Aeq, 125Hz} \dots L_{Aeq, 4kHz}$
jäävät vähemmän kuin 3 dB alle sen tason, joka asunnossa on sil-
loin, kun musiikkia ei esitetä.²¹²

Säädökset määräävät lisäksi, että paikan omistajan on tehtävä
meluselvitys mittauksineen. Ohjearvon, $L_{Aeq, 15 \text{ min}} \leq 105 \text{ dB(A)}$, rik-
komisesta voidaan järjestäjälle (promottorille) antaa 1 500 Euron ja
paikan omistajalle (yritykselle) 7 500 Euron sakko.²¹²

SUOMI

Sosiaali- ja terveysministeriö antoi vuonna 1997 julkaistuissa Si-
säilmaohjeissa¹ ohjearvon viihde-, huvi-, urheilu- yms. tilaisuuksis-
sa yleisöä altistavalle melulle. Kriteerinä on kuulovaurioiden välttä-
minen. Ohjearvo, $L_{Aeq, 168h} \leq 80 \text{ dB(A)}$, koskee yhden viikon (168 h)
aikaista kokonaisaltistumista.



KUVA 20:

STM:n vuoden 1997 sisämeluoppaan ohjearvon vertailu WHO:n oh-
jearvoihin. Vaaka-askelilla on altistuksen kesto ja pystyakselilla sal-
littu altistavan musiikin ekvivalenttitaso määritettynä ko. altistu-
misajalle ja WHO:n enimmäistason raja tilaisuuden aikaiselle enim-
mäistasolle.

Kuvassa 20 on vertailtu STM:n ohjearvoa WHO:n asiantuntijatyöryhmän loppuvuodesta 1999 esittämiin nollaprocentin riskiin* perustuviin ohjearvoihin.²²⁰

STM:n ja WHO:n asiantuntijatyöryhmän ohjearvot eroavat siinä, että sisäilmaoppaan ohjearvo koskee yhden viikon aikaista altistusta, mutta WHO:n arvo yhden tilaisuuden aikaista. Sisäilmaoppaan ohjearvo ei mainitse, kuinka monena viikkona vuosittain tai elinaikana ko. altistus saa toistua. WHO esittää, että nollaprocentin riskiin altistuksia saisi olla korkeintaan neljä vuosittain.

SVEITSI

Sveitsissä astui voimaan 1.4.1996 säädös yleisön suojaamisesta terveyttä haittalvalta melulta. Sen mukaan $L_{Aeq,1h}$ -taso ei saa ylittää yleisötilassa 93 dB(A). Tanssipaikoissa vaatimus ei koske varsinaista tanssialuetta, jossa suurin sallittu lukuarvo on 100 dB(A). Enimmäistason rajana on 125 dB(AF).³¹

USA

Yhdysvaltain meluohjearvot voidaan jakaa kolmeen luokkaan

- 1) *Liittovaltion ja liittovaltion virastojen antamat ohjearvot,*
- 2) *Kuntien (paikallishallinnon) ohjearvot,*
- 3) *Ammatillisten järjestöjen ja standardointielinten ohjearvot.*

Vain paikallishallinto ja ammatilliset järjestöt ovat julkaisseet musiikkimelua koskevia ohjearvoja.

Yhdysvaltain perustuslaki takaa artisteille esitysvapauden oikeuden. Tämä on tulkittu siten, että artistien esitysten äänenvoimakkuutta ei voida rajoittaa viranomais määräyksin.²¹³ Melun voimakkuutta voidaan rajoittaa vain vapaaehtoisin sopimuksin.

* WHO:n edustaja, Dr. Dietrich Schwela, ilmoitti Inter-Noise 1999 kongressissa pitämässä esitelmässään, että ohjearvot perustuvat 0 %:n kuulovaurioriskiin ja kunkin soveltajan on itse päätettävä, minkä riskin hän hyväksyy päättäessään omista ohjearvoistaan.

Cavanaugh^{213, 214} suosittaa seuraavia ulkokonserttien $L_{Aeq,1s}$ -enimmäistasoja kompromissinä artistien tarpeiden ja ympäristön asutukseen kohdistuvien meluhaittojen välillä:

1) Etäisyys lähimpiin asuntoihin yli 800 m

- miksauspöydän luona 105 dB(A),
- yleisöalueen takaosassa 95 dB(A).

2) Etäisyys lähimpiin asuntoihin alle 600 m

- miksauspöydän luona 100 dB(A),
- yleisöalueen takaosassa 90 dB(A).

A-tason asemasta voidaan monitoroida ja rajoittaa C-taajuuspainotettua tasoa, jolloin suositetut enimmäistasorajat ovat 10 dB suurempia.

Great Woods Center Mansfieldissä (MA) on soveltanut seuraavia vapaaehtoisia valvontarajoja ulkokonsertteihin

- miksauspöytä: L_{Amax} 105 dB(A), $L_{A,1\%}$ 102 dB(A), $L_{A,10\%}$ 99 dB(A), L_{Aeq} 97 dB(A), $L_{A,90\%}$ 90 dB(A),
- yleisöalueen takaosa: L_{Amax} 95 dB(A), $L_{A,1\%}$ 92 dB(A), $L_{A,10\%}$ 89 dB(A), L_{Aeq} 87 dB(A), $L_{A,90\%}$ 80 dB(A).

Lähimmät asunnot ovat 600 m etäisyydellä. Asuntoalueilla tehdyissä mittauksissa on todettu, että, kun $L_{A1\%} - L_{A90\%} \leq 5$ dB(A), konserttimelu tuskin kuuluu ja valituksia ei ole tai niitä on vain muutama. Eron ollessa 5 – 15 dB(A), musiikkimelu on ajoittain kuultavissa, ja toistuvat valitukset ovat todennäköisiä. Eron ollessa yli 15 dB(A), melu kuuluu hyvin ja valituksia on runsaasti.²¹⁵

Valnut Greek Amfiteatteri Raleighissa (NC) valvoo vapaaehtoisesti ympäristömeluaan. Vuosittain on yli 40 konserttia. Lähimmät asunnot ovat noin puolen kilometrin etäisyydellä. Konserteissa kunkin puolen tunnin $L_{A5,1\%}$ -taso saa olla miksauspöydän luona 105 dB(A) ja yleisöalueen takaosassa 92 dB(A). Esiintyjät ovat pitäneet 105 dB(A)-tasoa liian alhaisena. Mittauksissa on todettu, että yleisön äänet saattavat olla syynä 92 dB(A)-valvontarajan ylityksiin alueen takaosassa. Valvontarajojen ylityksiä on ollut runsaasti. Suurimmat ylitykset ovat olleet 30 dB(A). Meluvalitusten on todettu korreloivat hyvin ylitysten voimakkuuteen.²¹⁶

Ulkokonsertteihin on sovellettu yleistä vuoden 1982 meluntorjuntalakia, jota paikallinen terveysvalvonta ja poliisi soveltaa tapauskohtaisesti valitusten perusteella. Joitakin konsertteja on keskeytetty. Keskeytykset ovat johtaneet yleisön mellakointiin ja omaisuuden tuhoamiseen.²¹⁷

YHDISTYNYT KUNINGASKUNTA, UK

Yhdistyneissä kuningaskunnissa julkaistiin 1990-luvulla kaksi musiikkimelua koskevaa ohjeistoa

- 1) *Code of Practice on Environmental Noise Control at Concerts*, Noise Council, 1995.*
- 2) *Guide to Health, Safety and Welfare at Pop Concerts and Similar Events*, Home Office, 1993.

Home Office on viranomaiselin. Home Office on antanut ohjeet, joiden mukaan työnantajan on tehtävä melun arviointi, ilmoitettava melusta työntekijöille ja on annettava pyynnöstä kuulonsuojaimia heidän käyttöönsä, jos konserttien työntekijöiden melualtistus, $L_{Aeq,8h}$ ylittää 85 dB(A). Jos L_{peak} ylittää 140 dB tai $L_{Aeq,8h}$ 90 dB(A), työnantajan tulee alentaa altistusta niin paljon kuin on kohdalla käytännössä mahdollista (reasonably practicable) ja annettava pyytämättä kuulonsuojaimia ja valvottava, että niitä käytetään.²¹⁸

UK:n vuoden 1976 ohjeissa oli annettu yleisöä altistavan melun ohjearvoksi $L_{Aeq,8h} \leq 93$ dB(A). Tehdyissä selvityksissä todettiin, että 95 %:ssa konsertteja ylitettiin tämä raja. Sittemmin ehdotettiin rajaksi $L_{Aeq,T} \leq 104$ dB(A), jossa T on konsertin kesto. Selvityksissä todettiin, että 60 %:ssa konsertteja ylitettiin tämäkin raja. Nykyisin ohjeena on, että ei ole suotavaa, että $L_{Aeq,T}$ ylittää 107 dB(A) tai L_{peak} 140 dB. Ulkokonserttien melulle suositetaan, että jos L_{Aeq} -taso ylittää 96 dB 3 m etäisyydellä kaiuttimista, niin on hyvän tavan mukaista varoittaa yleisöä kuulovaurioriskistä.²¹⁸

* Noise Council on lopettanut toimintansa, mutta ohjearvot ovat edelleen käytössä.

Noise Council on ammatillisten yhteisöjen perustuma yhteistyöelin. Sen julkaisemat ohjearvot asuntoihin kohdistuvalle ulkomelulle ovat

70

Konserttien määrä vuodessa	Esityspaikan kategoria	Ohjearvo klo 09 – 23 h välillä
1 – 3	Taajamassa oleva stadion tai areena	$L_{Aeq,15\ min} < 75\ \text{dB(A)}$
1 – 3	Muut taajamissa olevat esityspaikat	$L_{Aeq,15\ min} < 65\ \text{dB(A)}$
4 – 12	Kaikki esityspaikat	$L_{Aeq,15\ min}$ ei saa ylittää taustamelun tasoa yli 15 dB(A)

Asuinrakennuksiin kohdistuva musiikkimelu mitataan 1 m etäisyydellä rakennuksen ulkoseinästä. Yöaikaiselle (klo 23 – 09) konserttien musiikkimelulle on annettu ohjeeksi se, että ääni ei saa kuulua (erottua) lainkaan melulle herkissä tiloissa sisällä ikkunoiden ollessa raollaan tavanomaisen tuuletustarpeen mukaisessa asennossa. Tämä yöaikainen ohje ei ole saanut laajaa hyväksyntää. Sisähalleille, joissa järjestetään enintään noin 30 konserttia vuositain, on suositettu, että naapurein kuuluvan melun $L_{Aeq,15\ min}$ -taso ei saa ylittää yli 5 dB(A):llä vallitsevan taustamelun tasoa. Taustamelun taso on määritetty $L_{A,90\%}$ -pysyvyydeltä. Suurimmat Lontoon sisähallit noudattavat nykyisin tätä ohjetta. Matalataajuiselle ulkomelulle on annettu suositukseksi, että enintään 70 dB oktaavipainetaso 63 Hz ja 125 Hz oktaavikaistoilla on hyväksyttävissä, mutta 80 dB ja sen yli menevä melu häiritsee merkittävästi.²¹⁸

UK:ssa on myös paikallisviranomaisten sekä etu- ja ammatillisten järjestöjen julkaisemia ohjeita. Terveysvalvonnan ja meluntorjunnan konsulttien työryhmä julkaisi marraskuussa 1999 pubien ja klubien* musiikkimelun ohjearvo-oppaan luonnoksen.²¹⁹ Luonnos on tarkoitettu paikallisten ohjeiden pohjaksi. Esityspaikat jaetaan ohjeissa kahteen luokkaa: 1) paikat, joissa järjestetään musiikkitaivastaavia melua tuottavia tilaisuuksia 30 kertaa vuodessa tai vähemmän ja b) paikat joissa on tilaisuuksia enemmän kuin 30 kertaa vuodessa. Esimerkkinä naapurissa oleviin asuinhuoneisiin kohdistuvan melu ohjearvoista mainitaan:

- klo 23.00 – 10.00, esityksen aikainen $L_{Aeq, 5\ min}$ mitattuna 1 m etäisyydellä kohteena olevan asuinhuoneen ikkunasta (ulkona) ei saa olla suurempi kuin $L_{Aeq, 5\ min}$ mitattuna vastaavissa oloissa, mutta

* sisältäen myös ravintolat, diskoteekit ja sisähallit, joissa esitetään musiikkia.

ilman esitystä. Toisena vaihtoehtona on antaa vastaava rajoitus 63 Hz ja 125 Hz oktaavikaistoilla mitatuille $L_{Aeq, 5 \text{ min}}$ -tasolle.

- *klo 10.00 – 23.00, paikat joissa on yli 30 tilaisuutta vuosittain: muutoin sama kuin edellä, mutta esityksen aikainen $L_{Aeq, 5 \text{ min}}$ saa olla enintään 3 dB(A) suurempi, kuin melu ilman esitystä.*
- *puistoista (puutarhoista) ja pelikentiltä kantautuva asuinhuoneisiin kohdistuva ulkomelu ei saa ylittää vapaa-kenttäarvona L_{Aeq} -tasoa 55 dB(A).*

71

WHO

Maailman terveysjärjestön, WHO:n, asiantuntijatyöryhmä julkaisi vuoden 1999 lopussa uuden ympäristömeluoppaan ja ohjeavot.²²⁰ Kaikenlaisille yleisötilaisuuksille suositellaan yleisön meluallistuksen $L_{Aeq, 4h}$ -rajaksi 100 dB(A) ja L_{AFmax} -rajaksi 110 dB(A). Altistustilanteiden määrän tulisi olla alle viisi vuodessa. Kriteerinä on kuulovaurioiden välttäminen. WHO:n edustaja, Dietrich Schwela*, ilmoitti Inter-Noise 1999 kongressissa pitämässään esitelmässään, että ohjeavot perustuvat 0 %:n kuulovaurioriskiin ja, että WHO:n ajatuksena on ollut, että soveltajien asiana on päättää, millaisen riskin he hyväksyvät kansallisten säädösten ja ohjeavojen perusteeksi.

WHO:n opas ei mainitse, voidaanko vuosittaisia altistuskertoja lisätä ja kuinka paljon, jos yleisön meluallistus ($L_{Aeq, 4h}$ -taso) per tilaisuus on alle 100 dB(A), esimerkiksi 90 dB(A).

MUITA MAITA JA HALLINTOKUNTIA

Australialaisen Claremontin kaupungin hallinto on esittänyt, että lähimpiin asuntoihin kohdistuva ulkokonserttien melu ei saisi ylittää 65 dB(A)-tasoa.²²¹

* yksi oppaan kolmesta toimittajasta ja WHO:n meluasioden asiantuntija.

Dolby Laboratoriot on kehittänyt äänitasomittarin, joka mittaa tila-vaikutelmaaäänitysten kaikkien kuuden kanavan äänet ja laskee niiden yhteisen äänekkyuden. Lisäksi Dolby julkaisi suosituksen esitysten äänen voimakkuudesta. Monet äänittäjät ja teatterit ovat hankkineet mittarin ja noudattavat suositusta. New Scientistin artikkelin²²² mukaan USA:ssa, Saksassa, Belgiassa, Hollannissa, Sveitsissä, Itävallassa, Portugalissa, Iso-Britaniassa ja Etelä-Afrikassa noudatetaan suositusta. Tanskan, Italian, Espanjan, Ranskan, Australian ja Unkarin teattereihin otaksutaan ottavan sen käyttöön lähiaikoina.

- 1) Sisäilmaohje, Asuntojen ja oleskelutilojen fyysikaaliset, kemialliset ja mikrobiologiset tekijät, Sosiaali- ja terveysministeriön oppaia 1997:1, Sosiaali- ja terveysministeriö, Oy Edita Ab, Helsinki, 1997, 71 s.
- 2) Lipscomb D M, Ear damage from exposure to rock and roll music, Arch. Otolaryngol. **90**(1969), 545 – 555.
- 3) Rintelmä W F, Borus F, Noise-induced hearing loss and rock and roll music, Arch. Otolaryngol. **88**(1968), 57 – 65.
- 4) Lebo C P, Oliphant K S, Music as a source of acoustic trauma, J. Audio Eng. Soc. **17**(1969)10, 535 – 538.
- 5) Scheirman D W, How loud is too loud? An overview of touring concert sound systems, and likely future developments, Inter-Noise 89 Proc., 751 – 756.
- 6) Axelsson A, Recreational exposure to noise and its effects, Noise Control Eng. J. **44**(1996)3, 127 – 134.
- 7) Dibble K, Low frequency noise propagation from modern music making, J. Low Freq. Noise and Vibr., **16**(1997)1, 1 – 12.
- 8) Litke, R E, Elevated high-frequency hearing in school children, Arch. Otolaryngol. **94**(1971), 255 – 257.
- 9) Weber H J, MacGovern F J, Zink D, An evaluation of 1000 children with hearing loss, J. Speech Hear. Disorders, **32**(1967), 343.
- 10) Merluzzi F *et al.*, Auditory thresholds in young Italians from 18 – 19 years of age, Med. Lav. **88**(1997)3, 183 – 195 (artikkeli italiaksi, referoitu abstraktin perusteella)
- 11) Axelsson A *et al.*, Early noise-induced hearing loss in teenage boys, Scand. Audiol. **10**(1981), 91 – 96.
- 12) Borchgrevink H M, Music induced hearing loss >20 dB affects 30 % of Norwegian 18 year old males before military service, Proceedings of the 6th International congress on Noise as a Public Health Problem, Proc. Vol 2, 25 – 28.
- 13) Borchgrevink H M, Wosen O J, Declining prevalence of high-frequency hearing loss > 20 dB in Norwegian 18 y old males at military enrolment in the 1990's, Proceedings of the 7th International congress on Noise as a Public Health Problem, Proc. Vol 2, 59 – 62.
- 14) Hoffmann E, Hörfähigkeit und Hörschäden junger Erwachsener, Median Verlag, Heidelberg, 1997, 204 s. ISBN 3-922766-27-7
- 15) Körpert K, Hearing thresholds of young workers measured in the period from 1976 to 1991, Proc. 6th FASE-Congress, 1992, 181 – 184.
- 16) Körpert K, Hearing thresholds of 15 to 18 years old pupils and apprentices, Proc. Forum Acusticum 1999, Berlin, CD-ROM tiedosto: 2ANSC_3.pdf
- 17) Nazar Y A, Effect of environmental noise on hearing level of young people in Baghdad, Proc. of 6th Seminar and exhibition on noise control, Pécs, Hungary, 7. – 10.6.1989, 110 – 115.
- 18) Serra M R *et al.*, A long-term study on high level music exposition and hearing effect in adolescents, Inter-Noise 2000 Proc., 328 – 332.
- 19) Niskar A S *et al.*, Estimated prevalence of noise-induced hearing threshold shifts among children 6 to 19 years of age: The third national health and nutrition examination surveys, 1988 – 1994, United States, Pediatrics, **108**(2001)1, 40 – 43.
- 20) Klockhoff I, Lyttkens L, Hearing defects of noise trauma type with lack of noise exposure, Scand. Audiol. **11**(1982)4, 257 – 260.
- 21) Wilcox S A *et al.*, High frequency hearing loss correlated with mutations in the GJB2 gene, Hum. Genet. **106**(2000), 399 – 405.
- 22) Henderson D *et al.* (eds.), Ototoxicity, Basic science and clinical applications, Ann. NY Acad. Sci. **884**(1999), 440 s.

- 23) Roche A F *et al.*, Longitudinal study of hearing in children: Baseline data concerning auditory thresholds, noise exposure, and biological factors, *J. Acoust. Soc. Am.* **64**(1978)6, 1593 – 1601.
- 24) —, ISO 7029:1984, Acoustics – Threshold of hearing by air conduction as a function of age and sex for otologically normal persons. Geneva, ISO. 2 s.
- 25) Axelsson A, Lindgren F, Temporary threshold shift after exposure to pop music, *Scand. Audiol.* **7**(1978), 127 – 135.
- 26) —, ISO 1999:1990, Acoustics – Determination of occupational noise exposure and estimation of noise-induced hearing impairment. Geneva, ISO. 17 s.
- 27) Lipscomb D M, The increase in prevalence of high frequency hearing impairment among college students, *Audiology* **11**(1972), 231 – 237.
- 28) Axelsson A, Recreational exposure to noise and its effects, *Noise Control Eng. J.* **44**(1996)3, 127 – 134.
- 29) Göthe *et al.*, Bullerexponering av elektroniskt förstärkt musik – rockkonserter medför risk för hörselskada, *Läkartidningen* **89**(1992), 3579 – 3580. Huom. maininta antibioottien vaikutuksesta 18-19 vuotiaiden kuulonalemiemien laskuun 1970-luvulla.
- 30) Clark W W, Noise from leisure activities: A review, *J. Acoust. Soc. Am.* **90**(1991)1, 175 – 181.
- 31) Zenner *et al.*, Gehörschäden durch Freizeitlärm, *HNO* **47**(1999)4, 236 – 248.
- 32) Cobot R C, Genter C R, Lucke T, Sound levels and spectra of rock music, *J. Aud. Eng. Soc.* **27**(1979)4, 267 – 284.
- 33) Fearn R W, Level measurements of music, *J. Sound Vibr.* **43**(1975)3, 588 – 591.
- 34) Bisio G, Rubatto G, On discotheque noise, *Inter-Noise 93 Proc.*, 1075 – 1078.
- 35) Standaert B *et al.*, Disco-music and hearing loss young adults, *Inter-Noise 93 Proc.*, 1079 – 1082.
- 36) Almstedt A-C, Gustafsson T, Axelsson A, Risk för hörselskador vid pop- och rockkonserter, *Läkartidningen* **97**(2000)10, 1102 – 1104.
- 37) Ising H, Gehörgeförderung durch laute Musik, *HNO* **42**(1994), 465 – 466.
- 38) Kyttälä I, Kyttälä T, Heinilä S, Iäs K, Rantanen J, Pori Jazz 98 äänimittauksia, Julkaisematon Excel-taulukko. Saatuu yli-ins. Ilkka Kyttälältä tässä selvityksessä käytettäväksi. 4 s.
- 39) Saari K, Julkaisemattomia mittaustuloksia ulkoilma- ja sisähallikonserteissa. Helsinki 2000. 5 s. Saatuu Kauko Saarelta tässä selvityksessä käytettäväksi.
- 40) —, ISO 532 – 1975 (E) Acoustics – Method for calculating loudness level. 18 s.
- 41) Björk, E, Elokuva ja ravintolamelun haitallisuus, *Ympäristö ja Terveys-lehti* **30**(1999)5, 34 – 37.
- 42) Fleming C, Assessment of noise exposure of bar staff in discothèques, *Appl. Acoust.* **49**(1996)1, 85 – 94.
- 43) Insinööritoimisto Kari Pesonen Oy:n arkistotiedot.
- 44) Ingerslev F, Lærebok i Akustik, København 1944, ref. Arni P, Käytännöllisen akustiikan perusteet, Otava 1949, 228 s. ks. kuva 91.
- 45) Medical Research Council Institute of Hearing Research, Damage to hearing from leisure noise, *British J. Audiology* **20**(1986), 157 – 164.
- 46) Robinson D W, The relationship between hearing loss and noise exposure, National Physical Laboratory Aero Rep. Ae22, England, 1968. Referoitu artikkelissa: Johnson D L, Field studies: Industrial exposures, *J. Acoust. Soc. Am.* **90**(1991)1, 170 – 174.
- 47) Babish W, Ising H, Musikhörewohnheiten von Jugendlichen *HNO* **42**(1994), 466 – 469.
- 48) Axelsson A, Jerson T, Lindgren F, Noisy leisure time activities in teenage boys, *AlJA J.* **42**(1981)3, 229 – 234.
- 49) Axelsson A, Rosenhall U, Zachau G, Hearing in 18 year-old Swedish males, *Scand. Audiol.* **23**(1994), 129 – 134.

- 50) Jokitalo J S, Björk E A, Akaan-Penttilä E, Estimated leisure noise exposure and hearing symptoms in Finnish teenagers, *Scand. Audiol.* **26**(1997)4, 257 – 262.
- 51) Spoendlin H, Brun J P, Relation of structural damage to exposure time and intensity in acoustic trauma, *Acta Otolaryngol.* **75**(1973), 220 – 226.
- 52) Nilsson P *et al.*, Anatomic changes in the cochlea of the guinea pig following industrial noise exposure, kirjassa: Hamernik R P *et al.*, (eds.) New perspectives on noise-induced hearing loss, Raven, New York, 1982, ss. 60 – 86.
- 53) Ward W D *et al.*, Total energy and critical intensity concepts in noise damage, *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.* **90**(1981), 584 – 590.
- 54) Oftedal G, Nivison M E, Jinze Z, Intensity-time tradeoff for constant hearing loss with sound levels, *J. Acoust. Soc. Am.* **83**(1988)1, 203 – 211.
- 55) Melnick W, Human temporary threshold shift (TTS) and damage risk, *J. Acoust. Soc. Am.* **90**(1991)1, 147 – 154.
- 56) Miller J, Effects of noise on people, *J. Acoust. Soc. Am.* **56**(1974)3, 729 – 764.
- 57) Melnick W, Human asymptotic threshold shift, kirjassa Henderson D *et al.*, (eds.), Effect of noise on hearing, Raven, New York 1976, ss. 277 – 289.
- 58) Henderson D, Subramaniam M, Boettche P A, Individual susceptibility to noise induced hearing loss: and old topic revisited, *Ear Hear* **14**(1993), 152 – 168.
- 59) Clark W W, Recent studies of temporary threshold shift (TTS) and permanent threshold shift (PTS) in animals, *J. Acoust. Soc. Am.* **90**(1991)1, 155 – 163.
- 60) Ward W D, The role of intermittence in PTS, *J. Acoust. Soc. Am.* **90**(1991)1, 164 – 169.
- 61) Zhao Y, Zhang Y, Zhang G, Susceptibility on hearing of workers for noise exposure and mitochondrial DNA 7,4 kb deletion, *Inter-Noise 2000 Proc.*, 323 – 327.
- 62) Dancer A *et al.*, Delayed temporary threshold shift induced by impulse noise (weapon noise in men), *Audiology*, **30**(1991), 345 – 356.
- 63) Ward W D, Susceptibility to TTS and PTS, *Proceedings of the International Congress on Noise as a Public Health Problem*, Dubrovnik, Yugoslavia May 13-18, 1973, 281 – 292.
- 64) Burns W, Noise and man, John Murray, London, 2nd ed. 1973, 459 s. ks. kuva sivulla 233.
- 65) Mills J H *et al.*, Temporary threshold shifts produced by exposure to low frequency noises, *J. Acoust. Soc. Am.* **73**(1983)3, 918 – 923.
- 66) Mills J H, Effects of noise on auditory sensitivity, psychophysiological tuning curves and suppression. Julkaistu kirjassa: Hamernik R P *et al.* (eds.), New perspectives on noise-induced hearing loss, Raven Press, New York, 1982, 249 – 262.
- 67) Hetu R, Fortin M, Potential risk of hearing associated with exposure to highly amplified music, *J. Am. Acad. Audiol.* **5**(1996)6, 378 – 386.
- 68) Byström M, Olofson B, Landström U, Temporär hörselnedsättning i samband med fysisk anstränging och exponering för buller/musik, *Arbetslivsrapport 1998:18*, Arbetslivsinstitutet. Solna, Sverige 1998. 16 s.
- 69) Vittitow *et al.* Effect of simultaneous exercise and noise exposure (music) on hearing, *J. Am. Acad. Audiol.* **3**(1994)5, 342 – 348.
- 70) Lindgren F, Axelsson A, The influence of physical exercise on susceptibility to noise-induced temporary threshold shift, *Scand. Audiol.* **17**(1988) 11 – 17.
- 71) Humes L E, Jestead W, Modeling the interactions between noise exposure and other variables, *J. Acoust. Soc. Am.* **90**(1991)1, 182 – 189.
- 72) Ryan A F *et al.* Protection from noise induced hearing loss by prior exposure to nontraumatic stimulus: Role of the middle ear muscles, *Hearing Res.* **72**(1994)1, 23 – 28.

- 73) Phillips D P, Re-examination of the role of the human acoustic stapedius reflex, *J. Acoust. Soc. Am.* **111**(2002)5, Pt1, 2200 – 2207. Pääosa artikkelista koskee stapediusrefleksin huontuneen refleksin vaikutusta puheen erottamiseen.
- 74) Canlon B, Borg E, Lofstrand P, Physiologic and morphologic aspects to low-level acoustic stimulation, Julkaistu kirjassa Dancer A *et al.* (eds), *Noise induced hearing loss*. Mosby Year-Book, St. Louis, 1992, 489 – 499.
- 75) Henderson D *et al.*, The role of antioxidants in protection from impulse noise, *Ann. NY Acad. Sci.* **884**(1999), 368 – 380.
- 76) van Campen L E, Murphy W J, Toraason M A, Oxidative DNA damage associated with intense noise exposure, *J. Acoust. Soc. Am.* **109**(2001)5, 2373.
- 77) Seidman M D *et al.*, Biologic activity of mitochondrial metabolites on aging and age-related hearing loss, *Am. J. Orol.* **21**(2000)2, 161 – 167.
- 78) Horner K C *et al.*, Sympathectomy improves the ear's resistance to acoustic trauma – could stress render the ear more sensitive?, *Eur. J. Neurosci.* **13**(2001)2, 405 – 408.
- 79) Liberman M C, Kujawa S G, Role of the olivocochlear system in conditioning-related protection, <http://web7.mit.edu/HSTSHS/predocs/aro/kujawa98.html>, http://epl.meei.harvard.edu/~shencc/New_EPL_Site/Posters/Efferent_Feedback/aro98_liberman_kujawa.pdf
- 80) Attanasio G *et al.*, Protective effect of the cochlear efferent system during noise exposure, *Ann. NY Acad. Sci.* **884**(1999), 361 – 367.
- 81) Maison S F, Liberman M C, Predictiong vulnerability to acoustic injury with a noninvasive assay of olivococlear tefles strength, *J. Neurosci.* **20**(2000) 12, 4701 – 4707.
- 82) Rajan R, Centrifugal pathways protect hearing sensitivity at the cochlea in noisy environments that exacerbate the damage induced by loud sound, *J. Neurosci.* **20**(2000)17, 6684 – 6693.
- 83) Milbrandt J C *et al.*, GAD levels and muscimol binding in rat inferior collius following acoustic trauma, *Hear Res.* **147**(2000)1-2, 251 – 260.
- 84) Canlon B, Borg E, Flock A, Protection against noise trauma by a pre-exposure to low level acoustic stimulus, *Hear Res.* **34**(1988)2, 197 – 200.
- 85) Cambo P, Subramaniam M, Henderson D, The effect of 'conditioning' exposure on hearing loss from traumatic exposure, *Hear Res.* **55**(1991), 195 – 200.
- 86) Subramaniam M *et al.*, The effect of 'conditioning' exposure on hearing loss from a high frequency traumatic exposure, *Hear Res.* **58**(1992), 57 – 62.
- 87) Subramaniam M, Henderson D, Henselman K, "Toughening" of the mammalian auditory system: spectral, temporal and intensity effect. Julkaistu kirjassa Salvi *et al.* (eds.), *Auditory system plasticity and regeneration*. Thieme. New York 1996. ss, 128 – 143.
- 88) Pukkila M *et al.*, The "toughening" phenomenon in rat's auditory organ, *Acta Otolaryngol Suppl.* **529**(1997), 59 – 62.
- 89) Yoshita N, Liberman M C, Sound conditioning reduces noise-induced permanent threshold shift in mice, *Hear Res.* **148**(2000)1-2, 213 – 219.
- 90) Miyakita T *et al.*, Effect of low level acoustic simulation on temporary threshold shift in young humans, *Hear Res.* **60**(1992), 149 – 155.
- 91) Fiorino F G *et al.*, Development of active resistance to noise induced hearing loss. Julkaistu kirjassa Salvi *et al.* (eds.), *Auditory system plasticity and regeneration*. Thieme. New York 1996. ss, 181 – 189.
- 92) Subramaniam M, Combo P, Henderson D, The effect of the exposure level on the development of progressive resistance to noise, *Hear Res.* **56**(1991), 65 – 68.
- 93) Ahroon W A, Hamernik R P, The effects of interrupted noise exposure on the noise-damaged cochlea, *Hear Res.* **143**(2000)1-2, 103 – 109.

- 94) Waters C, Molecular mechanisms of cell death in the ear, *Ann. NY Acad. Sci.* **884**(1999), 41– 51.
- 95) Shulman S RJ *et al.*, Protecting the inner ear from acoustic trauma, *Int. Tinnitus* **1**(1998)4, 11–15.
- 96) Duan M K *et al.*, Future cure of hearing disorders? Gene therapy and stem cell implantation are possible new therapeutic alternatives, *Läkartidningen* **97**(2000)10, 1106 – 1108, 1111 – 1112.
- 97) Altschuler R A *et al.*, Rescue and regrowth of sensory nerves following deafferentation by neurotropic factors, *Ann. NY Acad. Sci.* **884**(1999), 305 – 311.
- 98) van de Water T R, Gene therapy in the inner ear, *Ann. NY Acad. Sci.* **884**(1999), 345 – 360.
- 99) Salvi RJ *et al.*, Protecting the inner ear from acoustic trauma, *Int. Tinnitus*, **4**(1998)1, 11 – 15 (vain abstrakti saatavilla).
- 100) http://www.sfn.org/briefings/hair_cell.html
- 101) Aarnisalo A A *et al.*, Apoptosis in auditory brainstem neurons after a severe noise trauma of the organ of Corti: intracochlear GDNF treatment reduces the number of apoptotic cells, *ORL J. Otorhinolaryngol Relat Spec.* **62**(2000)6, 330 – 334.
- 102) Ylikoski J *et al.*, Guinea pig auditory neurons are protected by glia cell line-derived growth factor from degeneration after noise trauma, *Hear Res.* **124**(1998)1 – 2, 17–26.
- 103) Pirvola U, *et. al.*, Rescue of hearing, auditory hair cells, and neurons by CEP-1347/KT7515, an inhibitor of c-jun N-terminal kinase activation, *J. Neurosci.* **20**(2000)1, 43–50.
- 104) Qun L X *et al.*, Neurotrophic factors in the auditory periphery, *Ann. N Y Acad. Sci.*, **884**(1999), 292 – 304.
- 105) Scheibe F, Haupt H, Ising H, Preventive effect of magnesium supplement on noise-induced hearing loss in the guinea pig *Eur. Arch. Otorhinology* **257**(2000), 10 – 16.
- 106) Walden B E, Henselman L W, The role of magnesium in the susceptibility of soldiers to noise-induced hearing loss, *J. Acoust. Soc. Am.* **108**(2000)1, 453 – 456.
- 107) Naval Medical Center in San Diego has successfully tested a technique that restores hearing loss if administered within hours following exposure to loud noise, http://www.hearnet.com/text/article_of_monthNavalMC.html
- 108) Savolainen S, Meluvammojen hoito yli-painehappihoidolla, *Suomen lääkäri-lehti*, **57**(2002)23, 2539 – 2542.
- 109) Schmiedt R A, Lang H, Functional changes in the ear with old age: A review. *J. Acoust. Soc. Am.* **197**(2000)5, Pt2, 2797 (vain esitelmän abstrakti julkaistu).
- 110) Walton J P, Physiological correlates of presbycusis: Single-neuron recordings in awake animals, *J. Acoust. Soc. Am.* **107**(2000)5, Pt 2, 2797 (vain esitelmän abstrakti julkaistu).
- 111) —, ISO 226:1987, Acoustics – Normal equal-loudness level contours. Geneva, ISO. 8 s.
- 112) Rosen S *et al.*, Presbycusis: Study of a relatively noise free population in the Sudan, *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.* **71**(1962), 727 – 743.
- 113) Rosen S *et al.*, Presbycusis Study of a Relatively Noise-Free Population in the Sudan, *Am. Otol. Soc. Transactions*, **50**(1962), 135–152.
- 114) Working Group on Speech Understanding and aging, Speech understanding and aging, *J. Acoust. Soc. Am.* **83**(1988)3, 859 – 893.
- 115) Hoffmann E, Fleischer G, Neue Erkenntnisse zu Soziakusis und Presbyakusis Aspekte zur Alterung des Gehörs, *Widex – Weiterbildungs- und Informationsveranstaltung zur Gehörgeräte-Technologie*. 10 s. www.widex.ch/de/pdf/hoffmann_de.pdf
- 116) Quaranta A, Portalatini P, Henderson D, Temporary and permanent threshold shift: an overview, *Scand. Audiol.* **27**(1998), suppl. 48, 75 – 86.

- 117) Mills J H, Boettcher F A, Dubno J R, Interaction of noise-induced threshold shift and age-related threshold shift, *J. Acoust. Soc. Am.* **101**(1997)3, 1681 – 1686.
- 118) Bies D A, Hansen C H, An alternative mathematical description of the relationship between noise exposure and hearing loss, *J. Acoust. Soc. Am.* **88**(1990)6, 2743 – 2754.
- 119) Macrae J H, Presbycusis and noise-induced permanent threshold shift, *J. Acoust. Soc. Am.* **90**(1991)5, 2513 – 2516.
- 120) West P D, Evans E F, Early detection of hearing damage in young listeners resulting from exposure to amplified music, *Brit. J. Audiol.* **24**(1990), 89 – 103.
- 121) Kryter K D *et al.*, Hazardous exposures to intermittent and steady state noise, *J. Acoust. Soc. Am.* **39**(1966)2, 451 – 464.
- 122) Fletcher J L, Effects of non-occupational noise exposure on a young adult population, Final Rep. Contract HSM.099-71-52, NIOSH, Dept. HEW, October 13, 1972. Referoitu: Fletcher J L, High-frequency hearing and noise exposure, Proceedings of the International Congress on Noise as a Public Health Problem, Dubrovnik, Yugoslavia May 13-18, 1973, 271 – 280.
- 123) Axelsson A, Hur stor är faran för tidiga hörselskador hos dem som utsätter sig för högljud musik, *Läkartidningen* **42**(1992), 3579 – 3580
- 124) Prince M M *et al.*, Are-examination of risk estimates from the NIOSH occupational noise and hearing survey (ONHS), *J. Acoust. Soc. Am.* **101**(1997)2, 950 – 963.
- 125) —, Occupational Noise Exposure, Revised criteria 1998, National Institute for Occupational Safety and Health, <http://www.cdc.gov/niosh/98-126.html>
- 126) Axelsson A, Lindgren F, Hearing in pop musicians, *Acta Otolaryngol.* **85**(1978), 225 – 231.
- 127) Axelsson A, Lindgren F, Pop Music and Hearing, *Ear and Hearing*, **2**(1981)2, 64 – 69.
- 128) Ostri B *et al.*, Hearing impairment in orchestral musicians, *Scand. Audiol.* **18**(1989), 243 – 249.
- 129) Streuer M *et al.*, Does choir singing cause noise-induced hearing loss?, *Audiology*, **37**(1998), 38 – 51.
- 130) Sataloff R T, Hearing loss in musicians, *Am. J. Otology* **12**(1991)2, 122 – 127.
- 131) Westmore G A, Noise-Induced hearing loss and orchestral musicians, *Arch Otolaryngol.* **107**(1981)12, 761 – 764.
- 132) Teie P U, Noise-induced hearing loss and symphony orchestra musicians: risk factors, effects, and management, *Maryland Med. J.* **47**(1998)1, 13 – 18.
- 133) Axelsson A, Lindgren F, Factors increasing for hearing loss in 'Pop' Musicians, *Scand Audiol* **6**(1977), 127 – 131.
- 134) Royster J D, Royster L H, Killion M C, Sound exposures and hearing threshold of symphony orchestra musicians, *J. Acoust. Soc. Am.* **89**(1991)6, 2793 – 2803.
- 135) Axelsson A, Eliasson A, Israelsson, Hearing in Pop/Rock Musicians – A follow up study, *Ear Hear* **16**(1995), 129 – 134.
- 136) Axelsson A, Leisure noise exposure in adolescent and young adults, *J. Sound Vibr.* **151**(1991)3, 447 – 453.
- 137) Miller J D, Watson C S, Covell W P, Deafening effect of noise on the cat, *Acta Otolaryngol.* **176**(1963), Suppl. 44 – 52.
- 138) Clark W W, Bohne B A, Boettger F A, Effect of periodic rest on hearing loss and cochlear damage following exposure to noise, *J. Acoust. Soc. Am.* **82**(1987)4, 1253 – 1264.
- 139) Sinex D G, Clark W W, Bohne B A, Effects of periodic rest on physiological measures of auditory sensitivity following exposure to noise, *J. Acoust. Soc. Am.* **82**(1987)4, 1265 – 1273.
- 140) Attanasio G, Quaranta N, Sallustio V, Development of resistance to noise, *Scand. Audiol.* **27**(1998), Suppl. 48, 45 – 52.

- 141) Bulla W A, Hall J W, Noise-Exposure in the studio, <http://www.aes.org/sections/nashville/earprint.html>
- 142) Fearn W, R, Hanson D R, Hearing level of young subjects exposed to amplified music, *J. Sound Vibr.* **128**(1989)3, 509 – 512.
- 143) Carter N L Murray N M, Bulteau V G, Amplified music, recreational noise and hearing in people aged 16 – 21 and 28 – 33 years, *Aust. J. Audiol.* 1985:7, 79 – 85.
- 144) Meyer-Bitch C, Epidemiological evaluation of hearing damage to strongly amplified music (personal cassette players, discotheques, rock concerts) – High definition audiometric surveys on 1364 subjects, *Audiology* **35**(1996), 121 – 142.
- 145) Borchgrevink H M, On third of 18 year old male conscripts show noise induced hearing loss >20 dB before start of military service – The incidence being doubled since 1981. Reflecting increased leisure noise? Congress on Noise as a Public Health Problem, Proc. Part 2, 27 – 32.
- 146) Metternich F U, Bruis T, Acute hearing loss and tinnitus caused by amplified recreational music, *Laryngorhinootologie* **78**(1999)11, 614 – 618 (artikkeli sak-saksi, vain abstraktitiedot saatavilla)
- 147) Rintelmann W F *et al.*, Temporary threshold shift and recovery patterns from two types of rock and roll music presentations, *J. Acoust. Soc. Am.* **51**(1972)4 1249 – 1255.
- 148) Fearn R W, Hearing loss caused by different exposures to amplified pop music, *J. Sound Vibr.* **47**(1976)3, 454 – 456.
- 149) Panter C H, Hearing level measurements on students aged 18 to 25 years exposed to disco and pop music, *J. Sound Vibr.* **113**(1987)2, 401 – 403.
- 150) Ising H *et al.*, Empirische Untersuchungen zu Musikhörgewohnheiten von Jugendlichen, *HNO* **43**(1995), 244 – 249.
- 151) Ulrich R F, Pinheiro M L, Temporary hearing losses in teenagers attending repeated rock and roll sessions, *Acta Otolaryng.* **77**(1974), 51 – 55.
- 152) Carter N L *et al.*, Amplified music and young people's hearing, Review and report of Australian findings, *Med. J. Australia*, **2**(1982)7, 125 – 128.
- 153) Murray N M, LePage E L, Otoacoustic emissions monitoring hearing changes in school students attending a disco, *Inter-Noise 91 Proc.*, 221 – 224.
- 154) Aono S, Takagi K, Listening level of music from the personal stereo player and the effect on hearing in terms of TTS, *Inter-Noise 98 Proc. CD-tiedosto IN980422.pdf*.
- 155) Babisch W, Gehörschäden durch Musik in Diskotheken, *Umweltmedizinischer Informationsdienst* 2/2000, 3 – 9.
- 156) Passchier-Vermeer W, Noise and health, Health council of the Netherlands, 1993, Publ. A93/02E. 253 s.
- 157) Smith C V *et al.*, Fetal acoustic stimulation testing. II. A randomized clinical comparison with the nonstress test, *Am. J. Obstet Gynecol.* **155**(1986), 131 – 134.
- 158) Nyman M *et al.*, Vibroacoustic stimulation and intrauterine sound pressure levels, *Obstet Gynecol.* **78**(1991)5 Pt. 2, 803 – 806.
- 159) Johansson B, Wedenberg E, Westin B, Fetal heart response to acoustic stimulation in relation to fetal development and hearing impairment, *Acta Obstet Gynecol. Scand.* **71**(1992), 610 – 615
- 160) Glover P *et al.*, An assessment of the intrauterine sound intensity level during obstetric echo-planar magnetic resonance imaging, *Br. J. Radiol.* **68**(1995)10, 1090 – 1094.
- 161) Daniel T, Laciak J, Observations cliniques et experiences concernant l'état de l'appareil cochleovestibulaire des sujets exposes au bruit durant la vie foetale. *Rev Laryngol. Otol. Rhin.* **103**(1982), 313-318.
- 162) Lalanda NM, Hétu R, Lambert J. Is Occupational Noise Exposure During Pregnancy a Risk Factor of Damage to the Auditory System of the Fetus? *Am. J. Ind. Med.* **10**(1986)4, 427-435.

- 163) Geber W F, Developmental effect of chronic maternal audiovisual stress on the rat fetus, *J. Embryol. Exp. Morph.* **16**(1966)1 – 16.
- 164) Anon., Noise: A hazard for the fetus and newborn (RE 9728), American Academy of Pediatrics, *Pediatrics* **100**(1997)4, 8 s.
- 165) Hartikainen A-L *et al.*, Effect of occupational noise on the course and outcome of pregnancy, *Scand. J. Work Env. Health*, **20**(1994)12, 444 – 450.
- 166) Hartikainen-Sorri A-L *et al.*, No effect of experimental noise exposure on human pregnancy, *Obstet. Gynecol.* **77**(1991)4, 611 – 615.
- 167) Ando Y, Hattori H, Statistical studies on the effects of intense noise during human fetal life, *J. Sound Vibr.* **27**(1973)1, 101 – 110.
- 168) Rehm S, Jansen G, Aircraft noise and premature birth, *J. Sound Vibr.* **59**(1978)1, 133 – 135.
- 169) Knipschild P, Meijer H, Sallé H, Aircraft noise and birthweight, *Int Arch. Occup. Environ. Health*, **48**(1981)2, 131 – 136.
- 170) Schell L M, Environmental noise and human prenatal growth, *Am. J. Physical. Anthropol.* **56**(1981)1, 63 – 70.
- 171) Wu T N *et al.*, Prospective study of noise exposure during pregnancy on birth weight, *Am. J. Epidemiol.* **143**(1996), 792 – 796.
- 172) Etzel R A, Balk S J, Noise: a hazard for the fetus and newborn, *Pediatrics* **100**(1997)4, 724 – 728.
- 173) Richards D S *et al.*, Sound levels in the human uterus, *Obstet Gynecol* **80**(1992)2, 186 – 190.
- 174) Lenoir M, Pujol R, Sensitive period for acoustic trauma in the rat pup cochlea: histological findings, *Acta Otolaryngol.* **89**(1980), 317 – 322.
- 175) Price G R, Age as a factor in susceptibility to hearing loss: Young versus adult ears, *J. Acoust. Soc. Am.* **60**(1976)4, 886 – 892.
- 176) Douek E *et al.*, Effects of incubator noise on the cochleas of the newborn, *Lancet* **20**(1976), 1110 – 1113.
- 177) Fior R, Physiological maturation of auditory function between 3 and 13 years of age, *Audiology* **11**(1972), 317 – 321.
- 178) Wagemann W, Development and progress of the permanent threshold shift during decades of exposure to noise, *Int. Audiol.* **6**(1967), 40 – 41.
- 179) Hepper P G, Shahidullah B S, Development of fetal hearing, *Arch. Dis Childh.* **71**(1994), F81 – F87.
- 180) Gerhardt K J, Abrams R M, Fetal exposures to sound and vibroacoustic stimulation, *J. Perinatol.* **20**(2000)8 pt 2, 21 – 30.
- 181) Szmaja Z *et al.*, The risk of hearing impairment in children from mothers exposed to noise during pregnancy, *Int. J. Pediatr. Otorhinolaryngol.* **1**(1979)3, 221 – 229.
- 182) Dennler G, Diener L, Müller W, Die Einwirkung des Lärms auf die fetoplazentare Einheit (epidemiologische und experimentelle Untersuchung), *Z. Gesamte Hyg.*, **35**(1989)12, 712 – 714.
- 183) Campo P, Cnockaert J C, Risques auditifs encourus par le fœtus chez la femme enceinte exposée au bruit, *Cah. Notes Documentaires* **137**(1989), 633 – 637.
- 184) Smith C V *et al.*, Intrauterine sound levels: intrauterine assessment with an intrauterine microphone, *Am. J. Perinatol.* **7**(1990)4, 312 – 315.
- 185) Benzaquen S *et al.*, The intrauterine sound environment of the human fetus during labor, *Am. J. Obstet Gynecol.* **163**(1990)2, 484 – 490.
- 186) Ivey L E, Thomson C M, Underwater transducer wetting agents, *J. Acoust. Soc. Am.* **78**(1985)3, 389 – 394.
- 187) Hollien H, Feinstein, Contribution of the external auditory meatus to auditory sensitivity underwater, *J. Acoust. Soc. Am.* **57**(1976)6, Pt II, 1488 – 1492.

- 188) <http://www.ehis.navy.mil/onrnews/vodyanoy/iv52.htm>
- 189) Huang, G *et al.*, Fetal sheep in utero hear through bone conduction, *Am. J. Otolaryngol.* **17**(1996)6, 374 – 379.
- 190) Gerhardt K J, Abrams R M, Fetal Hearing: characteristics of the stimulus and response, *Semin. Perinatol.* **20**(1996)1, 11 – 20.
- 191) Graven S N, Sound and the developing infant in the NICU: conclusions and recommendations for care, *J. Perinatol.* **20**(2000)8 pt 2, 88 – 93.
- 192) Whitewell, G E, The importance of prenatal sound and music, Life before birth, <http://www.birtpsychology.com/life-before/sound1.html>
- 193) Sallenbach W B, Clair: a case study in prenatal learning, *J. Pre Perinatal Psych. Health*, **12**(1998)3–4, 175 – 196.
- 194) Morton A J, Hickey M A, Dean L C, Methamphetamine toxicity in mice potentiated by exposure to loud music, *Neuroreport* **12**(2001)15, 3277 – 3281.
- 195) Dipple K, Hearing loss and music, *J. Aud. Eng. Soc.* **43**(1995)4, 251 – 266.
- 196) von Békézy G, Über akustische Reizung des vestibularapparatus, *Plüg Arch. ges. Physiol.* **136**(1935), 59 – 76.
- 197) von Békézy G, Experiments in Hearing, McGraw-Hill Co. 1960. 745 s. ss. 424, 678.
- 198) Young E, Fernandez C, Goldberg J, Responses of squirrel monkey vestibular neurons to audio-frequency sound and head vibrations, *Acta Oto-Larungol.* **84**(1977), 352 – 360.
- 199) Salmivalli A, Rahko T, Virolainen E, The effect of loud noise on the vestibular system, *Scand. Audiol.* **3**(1977)6, 139 – 141.
- 200) Todd N P McA, Cody F W, Vestibular responses to loud dance music: A physiological basis of the “rock and roll threshold”?, *J Acoust. Soc. Am.* **107**(2000)1, 496 – 500.
- 201) Todd, N P M, The dynamics of dynamics: a model of musical expression, *J. Acoust. Soc. Am.* **91**(1992)6, 3540-3550.
- 202) Fucci D *et al.*, Effect of preference for rock music on magnitude-production scaling behaviour in young adults: validation, *Perceptual and Motor Skills*, **77**(1993), 811 – 815.
- 203) Fucci D, *et al.*, Factors related to magnitude estimation scaling of complex auditory stimuli: Ageing, *Perceptual and Motor Skills*, **87**(1998), 836 – 838.
- 204) Fucci D, *et al.*, Effects of gender and listeners’ preference on magnitude-estimation scaling of rock music, *Perceptual and Motor Skills*, **78**(1994), 1235 – 1242.
- 205) Vreeswijk A, When music becomes nuisance, *Inter-Noise 98 Proc. CD-IN980 069.pdf*.
- 206) Kraan A A, Exceptionally high sound insulation required due to ever densely build cities, *Inter-Noise 98 Proc. CD-IN980264.pdf*
- 207) Code of practice, Control of noise in the music entertainment industry, July 1999, Worksafe Western Australia Commission, 27 s.
- 208) Verhas H P, The nature of sound in discotheques, *Inter-Noise 88 Proc.*, 947 – 950.
- 209) Ms. Gisella Vindevogelin vastaus Belgian ympäristöministeriölle osoitettuun lainsäädäntöä koskevaan tarkentavaan kyselyyn 19.07.2000.
- 210) Curcuruto S, Verification of sound levels inside discotheques and public show sites, *Noise-Con 2000 Proc.*, CD-ROM-tiedosto, esitelmä 1pNSd5.
- 211) Lechner C, Noise prevention guideline for open-air events, *Inter-Noise 2000 Proc.*, 313 – 316.
- 212) Auzilleau S, Sound pressure level and environmental noise: A national regulation for nightclubs and concert halls, *Inter-Noise 2000 Proc.*, 903 – 905.

- 213) Cavanaugh W J, Control and management of outdoor concert sound – a review of experience in North America, Inter-Noise 96 Proc., 2409 – 2412.
- 214) Cananaugh W J, Montgomery B, Residential neighbours and outdoor concert facilities, are they compatible?, Inter-Noise 89 Proc., 767 – 772.
- 215) Cavanaugh W J, Evaluating the severity of community response at outdoor concert sites: A model that seems to work, Inter-Noise 95 Proc., 797 – 800.
- 216) Stewart N D, Two years of sound level monitoring at Walnut Creek amphitheatre – experiences and results, Inter-Noise 95 Proc., 791 – 795.
- 217) Dickinson P, Open air concert noise control in New Zealand, Inter-Noise 89 Proc., 745 – 750.
- 218) Griffiths J, The current environmental audience and occupational guidelines for concerts in the United Kingdom, Inter-Noise 95 Proc., 805 – 808.
- 219) Code of Practice on the Control of Noise from Pubs and Clubs, November 1999 – Draft, <http://www.ioa.org.uk/codes>
- 220) Berglund B, Lindval T, Schwela D H (eds.), Guidelines for community noise, WHO, Geneva, 159 s.
- 221) Proposed policy on entertainment events held in the town of Claremont, <http://www.claremont.wa.gov.au/meet/27oct98.html>
- 222) New Scientist, 8.6.2000.

**SOSIAALI- JA TERVEYSMINISTERIÖN SELVITYKSIÄ
SOCIAL- OCH HÄLSOVÅRDSMINISTERIETS RAPPORTER
REPORTS OF THE MINISTRY OF SOCIAL AFFAIRS AND HEALTH
ISSN 1236-2115**

84

- 2002:**
- 1** Tuuli Nikkarinen, Santeri Huvinen, Mats Brommels.
Kansallinen konsensus ja paikallinen pohdinta.
Lääkemääräyskäytäntöjen muuttaminen koulutuksellisin keinoin. Rohto-projektin arviointiraportti.
ISBN 952-00-1111-0
 - 2** Robert Arnkil, Merja Hietikko, Kati Mattila, Jarmo Nieminen, Pekka Rissanen, Timo Spangar.
Kansallisen ikäohjelman arviointi.
ISBN 952-00-1110-2
 - 3** Lastensuojelun suurten kustannusten tasausjärjestelmä 1999-2000.
ISBN 952-00-1130-7
 - 4** Outi Zacheus. Suurten vesilaitosten toimittaman talousveden laatu Suomessa vuosina 1996-1998.
ISBN 952-00-1142-0
 - 5** Robert Arnkil, Merja Hietikko, Kati Mattila, Jarmo Nieminen, Pekka Rissanen, Timo Spangar. The National Programme on Ageing Workers. Evaluation.
ISBN 952-00-1151-X
 - 6** Markku Heiskanen, Minna Piispa. Väkivallan kustannukset kunnassa. Viranomaisten arviointiin perustuva tapaustutkimus naisiin kohdistuvasta väkivallasta ja sen kustannuksista Hämeenlinnassa vuonna 2001.
ISBN 952-00-1160-9
 - 7** Anna Kajanne, Liisa Eränen, Maarit Leijola, Jura Paavola. Homeongelma ja sen psykososiaaliset vaikutukset.
ISBN 952-00-1165-X
 - 8** Terveystenhuolto 2000-luvulle -hankkeen alueellisen toimeenpanon arviointi.
ISBN 952-00-1179-X
 - 9** Virpi Filppa. Kansalaisten tarpeista sosiaalialan erityisosaamiseen. Osaamisen monimuotoisuutta jäsentämässä.
ISBN 952-00-1182-X
 - 10** Kari Pesonen. Musiikkimelun vaarallisuus yleisön kuulolle pop- ja rock-konserteissa, diskoissa ja ravintoloissa.
ISBN 952-00-1197-8